



Pilot zandige vooroever Houtribdijk

Guideline beheer en onderhoud zandige voorlanden



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat



Contact

Spuiboulevard 210,
3311 GR Dordrecht
+31 78 6111 099
info@ecoshape.nl
www.ecoshape.nl

Samenvatting

Kader

De inmiddels afgeronde pilot voorlandoplossing Houtribdijk was expliciet gericht op het bijdragen aan het sneller en beter onderbouwd kunnen realiseren van zandige versterkingswerken voor met name de belastingomstandigheden in de grotere meren. De (tussen)resultaten van deze pilot hebben hun toepassing reeds gevonden in zowel lopende en komende HWBP-projecten. Voorbeeld daarvan is de dijkversterking van de Markermeerdijken tussen Hoorn en Edam waarvan een deel van de versterkingsoplossing bestaat uit een zandige versterking (de zogenaamde oeverdijk). Ook is de in de pilot opgedane kennis gebruikt voor de dimensionering van de zandige versterking van het westelijke deel van de Houtribdijk en de zandige buitenranden van de compartimenten van de Marker Wadden.

Overzicht rapportages

In aanvulling op de meer technische basisrapportages zijn in het kader van de pilot ook een aantal guidelines opgesteld. In een eerder stadium zijn hiertoe reeds guidelines voor vergunningen en aanleg opgeleverd. Als afronding van het project komen nu ook een guideline Beheer en Onderhoud, een guideline Ontwerp en Beoordeling van dijk-voorlandsystemen en een notitie inzake de Business Case Zandige vooroevers beschikbaar.

Deze guideline

Het voorliggende rapport betreft de guideline Beheer en Onderhoud voor in grote wateren aangelegde zandige voorlanden. Zandige voorlanden voor dijken in grote wateren zonder getij, zoals de nieuw aan te leggen zandige versterking voor de Houtribdijk, vragen immers om beheer en onderhoud dat afwijkt van dat van een dijk met een harde bekleding. Beheer en onderhoud moeten daarbij zorgdragen voor het functioneren van het zandige voorland als onderdeel van een (primaire) kering, wat vooral vereist dat voldoende zand aanwezig is om de vereiste golfreductie te leveren. Het zandvolume moet voldoende zijn om eventuele erosie tijdens een maatgevende storm te kunnen bufferen (via bijvoorbeeld een slijtlaag en een aanvullende stormbuffer). Het beheer van dit zandvolume kan, net al bij kusten, worden uitgevoerd volgens een basiskustlijnzorg-principe, waarbij de noodzaak tot periodieke aanvullingen (suppleties) wordt vastgesteld door middel van monitoring van het aanwezige zandvolume. Daarnaast moet het beheer er op gericht zijn dat er geen verstuiwing optreedt, vooral als het zandige voorland naast een weg is gelegen.

Rol vegetatie en kansen voor natuur

Op een zandig voorland komt ook vegetatie tot ontwikkeling. Hoger op het talud, buiten bereik van de golven, en nabij de oeverlijn als de golfaanval niet te groot is. Op dit moment is het nog niet zeker in welke mate ook deze vegetatie op een zandige ondergrond een rol kan spelen in de golfreductie bij maatgevende condities. De ontwikkeling van de vegetatie is daarop nog niet gericht en dat geldt ook voor het beheer en onderhoud daarvan. Wel kan oevervegetatie het onderhoud aan het zandige talud beperken doordat het erosie vertraagt en stuivend zand vermindert.

Een zandig voorland biedt ook kansen voor natuur, en natuur is daarmee ook een belangrijk doel voor het beheer. De ruimte die voor natuurontwikkeling aanwezig is, hangt mede af van de verdere eisen die aan de vegetatie worden gesteld met oog op het tegengaan van verstuiwing en de mogelijke rol in golfreductie en onderhoud. In het geval van de Houtribdijk moet vooral verstuiwing worden tegengegaan maar wordt geen eisen aan de vegetatie gesteld wat betreft golfreductie. Dit maakt het mogelijk om een soortenrijke vegetatie van schrale gronden te starten op de zandige ondergrond.

Samenhangend beheer

Het voorstaande geeft duidelijk aan dat beheer en onderhoud samenhangen met het functies van het zandige voorland en dat hierop al wordt voorgesorteerd bij de aanleg. Omdat het beheer en onderhoud 'anders' is dan dat van traditionele dijken, leven er nog vragen over hoe dit het beste vorm kan worden gegeven.

In deze guideline laten we zien dat het beheer en onderhoud van een zandig voorland deels afhankelijk is van de keuzes die al in het ontwerpstadium van dit soort versterkingen worden gemaakt. Dit omdat bij het ontwerp ook profielvorm en bodemopbouw worden bepaald, welke van grote invloed zijn op de morfologische ontwikkeling van, en ook de vegetatieontwikkeling op het zandige voorland. Door dus al slim te kiezen tijdens het ontwerp, kan worden gestuurd op de uiteindelijke veldsituatie, en kan het beheer en onderhoud vervolgens zo gekozen worden dat deze passend is bij deze gewenste situatie.

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	3
Inhoudsopgave	5
1 Inleiding	7
1.1 Wat zijn zachte voorlanden?	7
1.2 Effect voorland op waterveiligheid.....	7
1.3 Wat is beheer en wat is onderhoud?.....	8
1.4 Doel van deze guideline	9
1.5 Voor wie is deze guideline?	9
1.6 Samenhang met andere guidelines.....	10
1.7 Opbouw rapportage	10
1.8 Totstandkoming.....	10
2 Relatie met functies en keuzes	11
2.1 Algemeen kader	11
2.2 Functies en keuzes bij ontwerp en aanleg voorlanden.....	11
2.3 Bouwstenen voor vegetatiebeheer van het voorland	14
2.3.1 Randvoorwaarden voor vegetatieontwikkeling	14
2.3.2 Aanlegkeuzes die een rol spelen bij de lange termijn ontwikkeling van vegetatie	15
2.3.3 Beheerkeuzes die een rol spelen bij vegetatieontwikkeling.....	19
2.3.4 Vegetatie-zonering	20
2.4 Monitoring ten behoeve van beheer en onderhoud	22
3 Onderhoud	24
3.1 Algemene aspecten	24
3.2 Technische aspecten onderhoud	25
3.3 Onderhoud zandpakket.....	26
3.3.1 Vast onderhoud.....	26
3.3.2 Variabel onderhoud.....	26
3.4 Onderhoud vegetatie.....	27
3.4.1 Vast onderhoud.....	27
3.4.2 Begrazing op het voorland	28
3.4.3 Variabel onderhoud.....	29
3.5 Omgaan met gravende dieren en veek op de dijk.....	29
3.5.1 Bevers en andere gravers	29
3.5.2 Veek	29
4 Financiële aspecten.....	31
4.1 Beheer- en onderhoudskosten	31
4.2 Algemene kosten	31
4.3 Monitoring, toetsing beheer en onderhoud vegetatie	32
4.3.1 Monitoring en toetsing	32
4.3.2 Beheer en onderhoud talud.....	33

4.3.3	Beheer en onderhoud oever(vegetatie).....	33
4.4	Monitoring, toetsing beheer en onderhoud zandig profiel	34
4.4.1	Monitoring en toetsing	34
4.4.2	Onderhoud zandige profiel met suppleties	37
4.5	Overzicht beheer- en onderhoudskosten	39
5	Algemene nabeschuiving	41
5.1	Kennisleemtes bij B&O van begroeide voorlanden	41
5.1.1	Langjarige ontwikkelingen	41
5.1.2	Noodzaak voor groot onderhoud en implicatie van keuzes in aanleg en beheer	41
5.1.3	Events	42
5.2	Governance aspecten van B&O.....	42
5.2.1	Multiparty challenges	43
5.2.2	Bestuurlijk mandaat en verantwoordelijkheden per partij	43
5.3	Meekoppelkansen	43
5.3.1	Kansen voor koppelen met natuurontwikkeling	43
5.3.2	Kansen voor koppelen met recreatie	45
5.3.3	Koppelkansen tussen projecten	45
5.3.4	Zandige voorlanden versus stenen dijken	46
5.4	Samenvattende conclusies en aanbevelingen	46
	Referenties	48

1 Inleiding

1.1 Wat zijn zachte voorlanden?

Maatschappij en omgeving veranderen in rap tempo. Steeds vaker wordt er nagedacht over alternatieve, of additionele, innovatieve beschermingsmaatregelen om waterveiligheidsrisico's te beperken (Klijn & Maarse, 2015). Waterbouwkundigen krijgen dan ook steeds vaker de vraag een ontwerp te maken dat duurzaam en kosteneffectief is én aanpasbaar aan veranderende omstandigheden. Deze kenmerken vormen de basis van de 'Building with Nature' filosofie, een visie op waterbouwkundig ontwerpen waarbij het uitgangspunt is dat in het ontwerp, bouw en beheer van deze werken verschillende functies combineren en daarmee tegemoet aan maatschappelijke behoeften, zoals het verhogen van de natuurwaarde en creëren van recreatiemogelijkheden. Eén van deze maatregelen betreft het betrekken van een zacht voorland voor een dijk of duin in de waterveiligheidsfunctie. Er is geen juridische definitie of term voor het voorland. Binnen de Waterwet is enkel de aanduiding als 'waterstaatswerk' (kernzone) en het onderscheid tussen binnen- en buitendijks van belang. In deze Guideline hanteren we de volgende definitie van zacht voorland.

“Zachte voorlanden (begroeid en onbegroeid) zijn buitendijkse gebieden, grenzend aan de buitenteen van de dijk of aan de voet van een duin, met een (half-)natuurlijk karakter die bijdragen aan de vermindering van golfbelasting en vergroting van de stabiliteit van een waterkering (dijk/duin).”

Zachte voorlanden zijn in veel gevallen bestaande voorlanden zoals schorren, slikken, kwelders, rietlanden of brede uiterwaarden, als ook zandstranden en ondiepe zandige vooroevers. Deze voorlanden hebben vaak ook andere functies, zoals natuur of recreatie. Daarnaast wordt er momenteel op verschillende plaatsen in Nederland ook gewerkt aan het aanleggen van nieuwe zachte voorlanden, zoals de zandige versterking van de Houtribdijk tussen Enkhuizen en Lelystad en de nieuw aangelegde zandige versterking voor de Hondsbossche en Pettemer zeewering.

In deze guideline beschrijven we specifiek de beheer- en onderhoudsaspecten die geldig zijn voor aangelegde zandige voorlanden in grote zoetwatersystemen zonder getijde-invloed.

1.2 Effect voorland op waterveiligheid

Een zacht zandig voorland kan op verschillende faalmechanisme invloed hebben:

Afname hydraulische belasting

Deze voorlanden remmen de inkomende golven en reduceren zo de belasting op het achterliggende dijklichaam (Moller et al 2014; Vuik, 2016). Hoe groot deze golfremming is, is afhankelijk van het type voorland en de vegetatie op het voorland en de lengte en morfologie van het voorland (Smale, 2014). Ook de golfkarakteristiek en ontwerppeil speelt hierbij een rol, rekening houdend met de interactie tussen hydraulische condities en profielvorm, opbouw en ruwheid van het voorland. Daarnaast speelt ook de interactie tussen stroming en golven een rol, doordat stroming de golfgroei beïnvloedt (Smale, 2016), en ook de balans tussen dwars- en langstransport kan beïnvloeden.

Afname risico op piping

De bodemopbouw van een voorland heeft invloed op de intredeweerstand en intredepunt die wordt bepaald om het risico op piping in te schatten. Hierbij is zowel de bodemstructuur als de omvang van het voorland van belang (Rosenbrand 2017).

Afname van de kans op afglijden

Door de aanwezigheid van het voorland kan de kans op afglijden van het dijktaalud worden verminderd. Hoe groot deze kans is, is afhankelijk van de hoogte van het voorland voor de dijk.

Afname van de kans op falen van de dijkbekleding

Zeker bij grote voorlanden kan door afname van de hydraulische belasting ook het risico op het falen van de dijkbekleding verminderen (met name het risico van het falen van de grasbekleding door erosie op het buitentalud - GEBU). Wanneer een zandige versterking zo groot wordt ontworpen dat het water de oorspronkelijke dijk niet meer bereikt is de kans op het falen van de dijkbekleding ook weggenomen – het voorland heeft dan de volledige functie van de dijk overgenomen.

De oplossing kan ook een 'hybride oplossing' zijn waarin de dijk samen met het voorland moet worden getoetst. Dit betekent dat er sterkte wordt toegekend aan het voorland en dat het een onderdeel van de waterkering vormt.

1.3 Wat is beheer en wat is onderhoud?

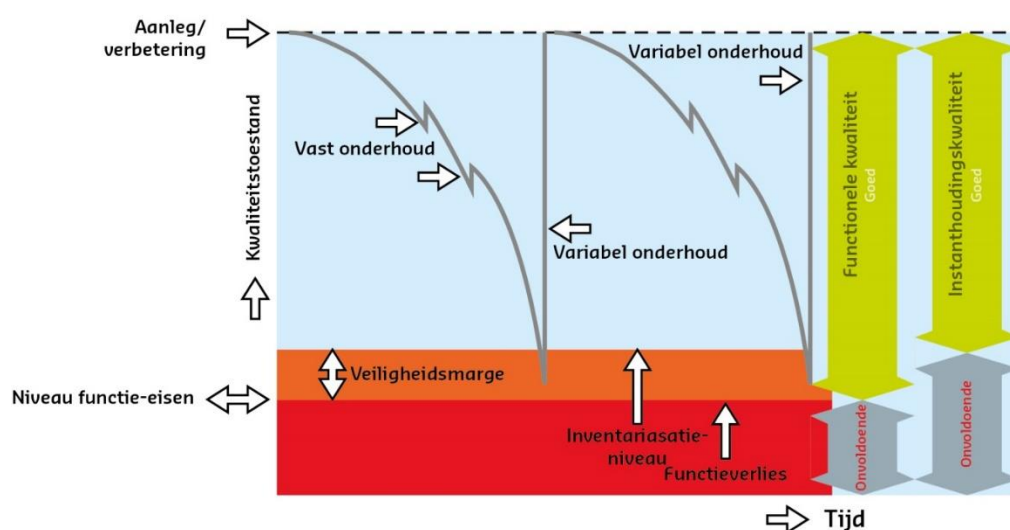
Wanneer een voorland wordt betrokken in de totale beoordeling van de dijkveiligheid, is het noodzakelijk dat het voorland zijn functie in die bijdrage blijft vervullen (NB Vanuit de beoordeling wordt gesteld dat alle relevante onderdelen meegenomen moeten worden – bijlage 1 Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017). Het voorland moet dan ook zodanig worden ingericht en op een correcte manier beheerd en onderhouden, dat deze functies gewaarborgd zijn en blijven.

In deze guideline maken we onderscheid tussen beheer en onderhoud, waarbij we de terminologie aanhouden, zoals die is voorgesteld in Waterschap Aa en Maas (2014).

Beheer omvat alle activiteiten gericht op het waarborgen van de functies van de waterkering, in zowel juridisch opzicht (handhaving, vergunningverlening, inspectie, crisisbeheersing en ruimtelijke plannen), als technisch opzicht (het onderhoud). *Onderhoud* betreft alle technische handelingen gericht op het in stand houden van of streven naar het gewenste kwaliteitsniveau. In alle gevallen staat de functie van de kering centraal. Het technisch onderhoud is dus feitelijk een onderdeel van het beheer.

Vanuit de functie van de kering wordt gekozen voor een bepaalde inrichting en een passend beheer- en onderhoudsregime.

Onderhoud kan worden opgedeeld in vast en variabel onderhoud. *Vast (klein/dagelijks) onderhoud* is het jaarlijks maaien en klein herstel aan de kering, terwijl *variabel (groot/buitengewoon) onderhoud* alleen wordt uitgevoerd als een bepaalde veiligheidsmarge wordt overschreden, zodat het profiel van de kering weer voldoet aan de eisen, en er geen risico is op functieverlies. Figuur 1.1 geeft een overzicht van de interacties tussen deze twee typen onderhoud door de tijd.



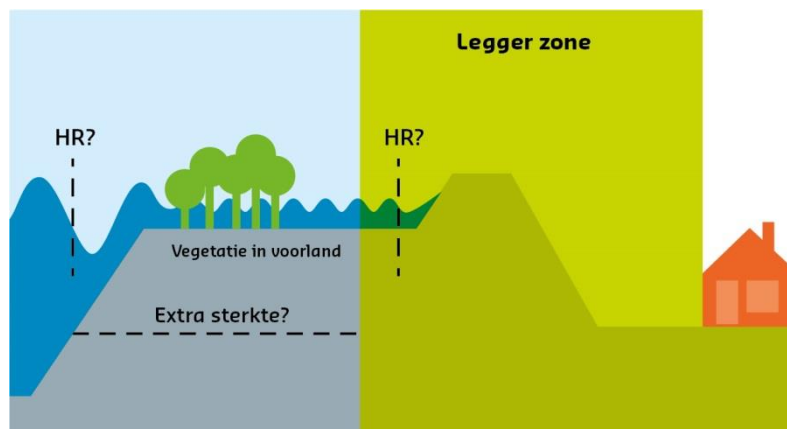
Figuur 1.1 Relatie tussen vast en variabel onderhoud door de tijd heen (bron: Aa en Maas, Beheer- en onderhoudsplan waterkeringen 2014-2018).

1.4 Doel van deze guideline

Het doel van deze guideline is het bundelen van bestaande kennis over het beheer en onderhoud van nieuw aangelegde zachte zandige voorlanden in grote zoete wateren zonder getijde invloed voor beheerders van (toekomstige) zandige voorlanden.

Deze guideline is geschreven vanuit het project Pilot Houtribdijk en de focus van de guideline ligt dan ook op het beheer en onderhoud van zandige voorlanden met en zonder vegetatie, waarbij de ervaringen uit het pilotproject een belangrijke bron van informatie zijn. Daarnaast worden er ook enkele waardevolle voorbeelden van andere typen begroeide zachte voorlanden (uiterwaarden, kwelders) meegenomen op momenten dat dit relevant is. Er is gebruik gemaakt van resultaten van verschillende workshops waarin discussie is gevoerd over het beheer en onderhoud van verschillende typen zachte voorlanden (zowel technisch, organisatorisch, als bestuurlijk) en voorbeelden uit verschillende locaties in Nederland.

Omdat zandige voorlanden een relatief 'nieuw' begrip zijn in de waterkeringsbeheerpraktijk zijn er nog veel vragen over hoe met zo'n voorland om te gaan. Vragen als hoe het effect van het voorland door de tijd heen verandert, en hoe het voorland in beheer en beleid moet worden meegenomen, zijn hierbij belangrijk. Ook bestaat er discussie over hoe vegetatie op het voorland in rekening kan worden gebracht in de reductie van hydraulische golfbelasting (figuur 1.2) en wat te doen als vegetatie wegvalt door bijv. een ziekte of vraat. De POV-voorlanden beoogt een groot deel van deze algemene vragen te beantwoorden, en wij verwijzen de lezer naar de handreiking die vanuit de POV voorlanden wordt opgesteld voor het algemene kader rondom zowel natuurlijke, bestaande 'zachte' als bebouwde 'harde' voorlanden.



Figuur 1.2 Dwarsdoorsnede van een typisch zacht voorland voor een dijk, waarbij de vegetatie op het voorland buiten de leggerzone een invloed heeft op de hydraulische randvoorwaarde aan de teen van de dijk.

1.5 Voor wie is deze guideline?

Deze guideline is specifiek opgesteld voor keringbeheerders, die in hun werk te maken krijgen met zachte zandige voorlanden in zoete wateren, die mogelijk een formele waterveiligheidsfunctie krijgen.

De guideline gaat in op een aantal praktische aspecten van beheer en onderhoud van zandige voorlanden, maar beoogt niet een volledig voorschrift te geven over hoe een daadwerkelijk beheerplan moet worden opgesteld door een beheerder. Eerder geeft het een visie op het proces om al tijdens het ontwerp en de plannen voor de inzet van nieuwe zandige vooroevers te komen tot discussie over het gewenste beheer en onderhoud.

Ook beleidsmakers bij overheden, terreinbeheerders, adviseurs en marktpartijen kunnen deze guideline gebruiken in projectontwikkelingen en landschapsbeheer op locaties waar waterkeringen met zachte zandige voorlanden in zoete wateren een onderdeel zijn van het te beschouwen gebied voor beoogde nieuwe voorlanden.

1.6 Samenhang met andere guidelines

In aanvulling op de meer technische basisrapportages zijn in het kader van de pilot ook een aantal guidelines opgesteld. In een eerder stadium zijn hiertoe reeds guidelines voor vergunningen en aanleg opgeleverd. Als afronding van het project komen ook een guideline Ontwerp en Beoordeling van dijk-voorlandssystemen, een notitie inzake de Business Case Zandige vooroevers en voorliggende guideline Beheer en Onderhoud beschikbaar.

In de Project Overschrijdende Verkenning (POV) Voorlanden (looptijd 2017-2018) wordt een Handreiking Voorland geschreven, die als doel heeft om belemmeringen voor het meewegen van bebouwde ('harde') en onbebouwde ('zachte') voorlanden te identificeren, te beschrijven en waar mogelijk weg te nemen. Hierin komen ook de algemene aspecten van voorlanden aan bod zoals het incomplete technische en juridische-financieel kader, en het handelingsperspectief van verschillende rolhouders. Deze aspecten zullen in dit document daarom niet uitputtend worden behandeld.

Onderhavige guideline Beheer & Onderhoud richt zich voornamelijk op zachte zandige voorlanden in grote zoete wateren, mede gebaseerd op de ervaringen en resultaten uit de 'Pilot Zandige Versterking Houtribdijk' en geïnspireerd door de plannen (van de inmiddels in realisatie zijnde) zachte versterking Houtribdijk tussen Enkhuizen en Trintelhaven en zal als zodanig gebruikt kunnen worden voor informatie specifiek focussend op zandige vooroevers, al dan niet nieuw aan te leggen. Zachte bestaande voorlanden op klei, zoals in het rivierengebied worden in principe buiten beschouwing gelaten. Wel zullen enkele beheerlessen uit het rivierengebied worden genoemd, daar waar dit ook zinvol is geacht voor zandige voorlanden.

1.7 Opbouw rapportage

Deze guideline 'Beheer en onderhoud' schetst eerst het kader waarin de samenhang tussen de keuzes tijdens het ontwerp- en aanlegproces en het dagelijkse beheer van keringen wordt beschouwd (hoofdstuk 2). Daarin worden de monitoring voor B&O van zachte keringen behandeld.

In hoofdstuk 3 worden de technische aspecten van onderhoud besproken en in hoofdstuk 4 worden de financiële aspecten uitgediept.

Een algemene nabeschuiving is te vinden in hoofdstuk 5.

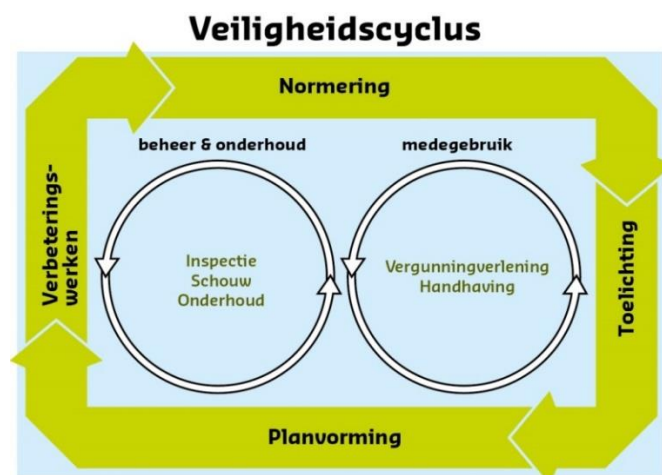
1.8 Totstandkoming

Dit rapport is opgesteld door E. Penning (Deltares) met bijdragen van M. de Lange en R-J Bijlsma (Alterra/WER) en J. Fiselier (RHDHV). A. Smale (Deltares), E. de Graaf (HHS Stichtse Rijnlanden/POV-Voorlanden) en A. van der Laan (RWS) worden als reviewers door de auteurs bedankt voor het nuttige bijdrage tijdens de totstandkoming van deze guideline. H. Steetzel (Arcadis) was als projectmanager van de Pilot Houtribdijk ook verantwoordelijk voor het uniformeren van de verschillende guidelines.

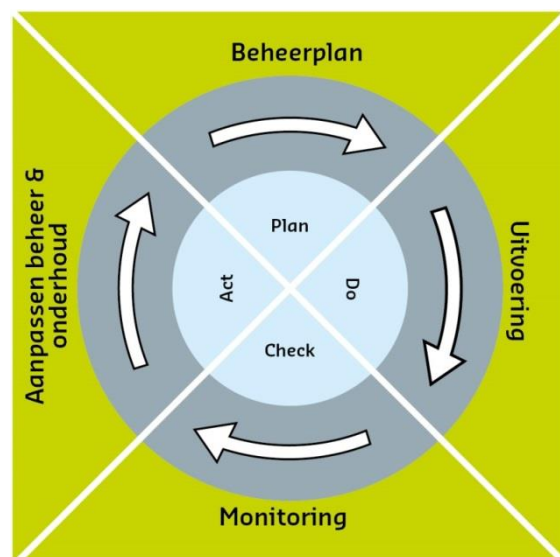
2 Relatie met functies en keuzes

2.1 Algemeen kader

Beheer en onderhoud is onderdeel van de totale veiligheidscyclus, waarbij ook veranderingen op lange termijn zoals nieuwe normeringen en toetsingskaders invloed hebben op de planvorming en verbeteringswerken (figuur 2.1). In het jaarlijkse beheer en onderhoud dat hieronder wordt uitgevoerd wordt er op basis van monitoring en de jaarlijkse schouw bepaald hoeveel onderhoud er nodig is. Veelal is er een algemeen beheersplan dat de Plan-Do-Check-Act cyclus volgt, waarbij er een vigerend beheerplan is voor de uitvoering, en waarbij op basis van monitoring wordt gecheckt of er aanpassingen in beheer en onderhoud nodig zijn (figuur 2.2).



Figuur 2.1 Positionering van beheer en onderhoud in de totale veiligheidscyclus.



Figuur 2.2 Plan-Do-Check-Act cyclus.

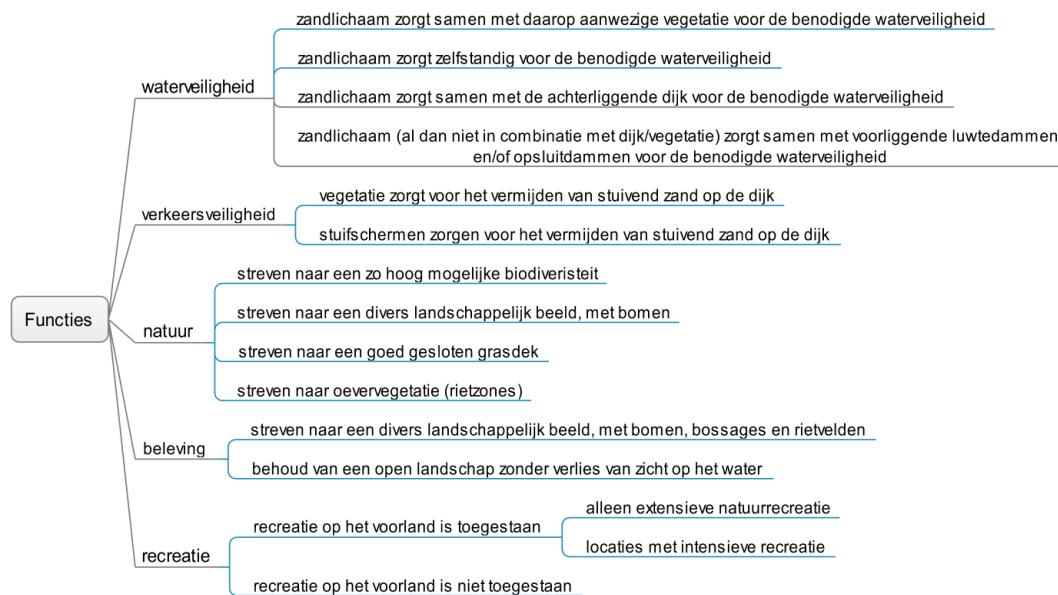
2.2 Functies en keuzes bij ontwerp en aanleg voorlanden

Een dijk met een nieuw aan te leggen zandig voorland zal worden beheerd vanuit het doel verschillende functies te kunnen vervullen, zowel nu als op de lange termijn. Tijdens het ontwerp van een nieuw aan te leggen voorland moet worden besloten of het zandlichaam zelfstandig voor de waterveiligheidsfunctie zorgt (en dus als zelfstandige

Guideline beheer en onderhoud zandige voorlanden

eenheid een primaire kering is, waarbij de functie van de dijk als zodanig vervalt), of dat het voorland de hydraulische randvoorwaarden aan de dijk beïnvloedt en er dus sprake is van een 'hybride' oplossing (zie guideline Ontwerp).

In beide gevallen (zowel een voorland waarbij het zandlichaam zelf de kering vormt, als ook de hybride oplossing waarin de achterliggende dijk nog een rol speelt) is beheer en onderhoud nodig om de functies van het voorland te behouden. Veelal zal waterveiligheid de belangrijkste functie zijn, met in acht neming van nevenfuncties, zoals natuur en recreatie. De functies kunnen weer op verschillende manieren uitgewerkt worden (figuur 2.3). De keuze voor een bepaalde uitwerking is specifiek voor het beoogde gebied, en moeten in dialoog met alle belanghebbenden worden afgewogen (er is niet op voorhand een 'beste' keuze te noemen in onderstaande voorbeelden van uitwerkingen).



Figuur 2.3 Verschillende voorbeelden van hoe de functies van een voorland verder kunnen worden gespecificeerd.

Op basis van deze functies moet in de ontwerp- en aanlegfase van een nieuw voorland keuzes worden gemaakt over hoe het zandlichaam wordt gepositioneerd, of additionele harde structuren zoals opsluitdammen of luwtedammen nodig zijn, en welk soort vegetatie hierop wordt nagestreefd. De keuzes die in deze fasen worden gemaakt, zullen effect hebben op de lange termijn ontwikkeling van het voorland, en de wijze van beheer en onderhoud hiervan.

De functie *waterviligheid* en de daarbij gehorende ontwerpeisen is uitgebreid beschreven in de Guideline Ontwerp van de pilot Houtribdijk (EcoShape, 2018). Hierin worden ook afwegingen gemaakt tussen de onderwater- en bovenwaterdelen van het zandlichaam en hoe deze elk op hun eigen manier van invloed zijn op de veiligheidseis van het voorland. In paragraaf 2.3 geven we extra aandacht aan de bouwstenen die in het ontwerp kunnen worden meegenomen, en die invloed hebben op het daaruit volgende beheer van de vegetatie op het voorland. We doen dat in dit document omdat er een nauwe relatie is tussen de keuzes in het ontwerp voor deze vegetatietypering en de daarbij aansluitende beheer- en onderhoudsaspecten van deze vegetatie.

Voor de functie *verkeersveiligheid* is het belangrijk dat zand van het voorland niet verstuipt en in overmaat op de weg bovenop of langs de dijk terecht komt. Hiervoor kunnen stuifschermen worden ingezet, al dan niet samen met het bespoedigen van een vegetatietype dat deze stuif op termijn duurzaam kan tegengaan. Op de pilot zandige versterking was een simpel stuifscherm geplaatst van palen en doek. Dit stuifscherm moest gemiddeld om het halfjaar worden gecontroleerd en gerepareerd op plekken waar het doek door wind was beschadigd. De vegetatie bleek al spoedig een additionele stuifverminderende functie te hebben, waarbij de plekken waar vegetatie was gestimuleerd door het bijmengen van een leeflaag en aanplant beter hielpen dan het niet behandelde vak (zie ook paragraaf 2.3).

Wanneer er een *nevenfunctie natuur* is, zal het vegetatiebeheer ook met deze functie rekening moeten houden. Bij de zandige versterking Houtribdijk is natuur benoemd als een nadrukkelijke meekoppelkans voor het voorland en zal op termijn ook mogelijk recreatie op sommige specifiek daarvoor aangewezen locaties een onderdeel van de functies kunnen zijn (RWS, 2016). Door de aanleg van het Trintelzand wordt een stuk van de natuurfunctie ingevuld, en ook wordt voorzien dat achter de vooroeverdammen waterplantvelden tot ontwikkeling kunnen komen (natuurcompensatie voor het verliezen van deze velden op plekken die door de aanleg onder het zand verdwijnen). Het Voorland Stichtse Brug langs het Gooimeer (gemeente Blaricum, in eigendom van het Staatsbosbeheer, figuur 2.4) is een voorbeeld met extreem hoge natuurwaarde met o.a. duizenden orchideeën waaronder de habitatrichtlijnsoort groenknolorchis (Bakker, 2016).



Figuur 2.4 Deel van Voorland Stichtse Brug. Recreatistrand en grasland met hoge natuurwaarde (foto: Rienk-Jan Bijlsma, oktober 2017).

Beleving van het voorland is een aspect waarbij in het ontwerp en bijbehorende beheer rekening moet worden gehouden. Er zijn al verschillende voorbeelden waarbij deze beleving een nadrukkelijk onderdeel is van het ontwerp van het voorland. Bij de Markermeerdijken en de zandige versterking Houtribdijk is nadrukkelijk aangegeven dat het open landschap (dus zonder belemmering door hoog opgaande vegetatie zoals bomen) van groot belang is voor een optimale beleving daarvan. Ook bij het nieuw aangelegde wilgengriend bij Fort Steurgat in de Noordwaard bij Werkendam, zijn zichtlijnen tussen de wilgengrienden gemaakt, waardoor vanaf de dijk het voorliggende lager gelegen landschap met karakteristieke objecten goed zichtbaar blijft voor de bewoners.

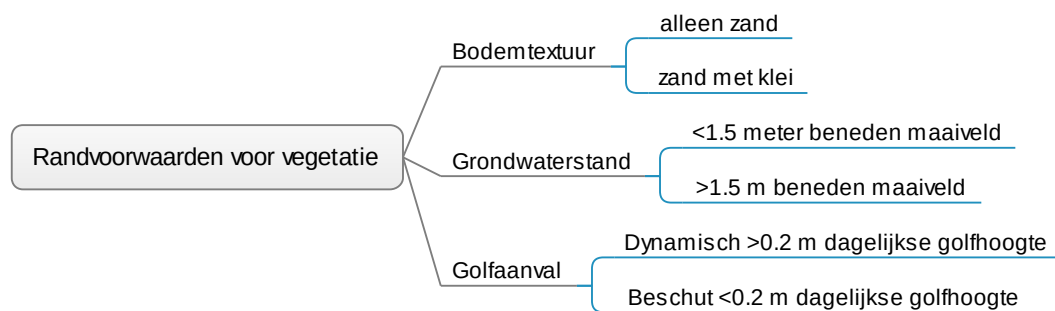
Voor de functie *recreatie* zal het nodig zijn om aanvullende voorzieningen te treffen bijv. om toegang voor bezoekers te faciliteren (parkeerplaatsen, toilet- en afvalverzamelvoorzieningen, fietspaden etc.) om ervoor te zorgen dat er geen onacceptabele schade door recreatie op het totale voorland plaats vindt. Voor deze guideline zullen wij verder geen aanvullende suggesties doen, temeer er al voldoende ervaring is vanuit de dagelijkse praktijk om met recreatie om te gaan. Uiteraard moeten er duidelijke afspraken worden gemaakt m.b.t. beheer en onderhoud tussen de waterkeringbeheerder en de recreatiebeheerder als dit verschillende partijen zijn, waarin de verantwoordelijkheden per partij duidelijk worden uitgewerkt.

2.3 Bouwstenen voor vegetatiebeheer van het voorland

Een belangrijk aspect van het dagelijkse beheer en onderhoud in een zandig voorland betreft de vegetatie op het voorland waarbij een aantal hoofdtypen kan worden onderscheiden, die in 2.2.3 in detail worden besproken. Deze vegetatietypen ontstaan onder invloed van enerzijds (onveranderlijke) randvoorwaarden, zoals de textuur van het bodemmateriaal, de grondwaterstand ter plekke en de golfaanval in de oeverzone, en anderzijds beheer. De randvoorwaarden worden in de ontwerp- en aanlegfasen medebepaald of kunnen op dat moment worden gestuurd. Na aanleg bepaalt beheer vervolgens hoe de vegetatie zich verder ontwikkelt.

2.3.1 Randvoorwaarden voor vegetatieontwikkeling

In figuur 2.5 staat een afwegingskader met de randvoorwaarden voor vegetatieontwikkeling. Dat wil zeggen dat de randvoorwaarden bodemtextuur, grondwaterstand en golfaanval belangrijke sturende parameters zijn is het type vegetatie dat ergens zal ontwikkelen.



Figuur 2.5 Randvoorwaarden voor vegetatieontwikkeling.

De randvoorwaarde 'bodemtextuur' geeft aan of een voorland een voedselarme of een voedselrijke leeflaag heeft. Bij het zandige voorland betreft dit 'alleen zand' of 'zand met een leeflaag (zand met klei)'. Dit verschil bepaalt, naast de voedselrijkheid, ook de vochtbeschikbaarheid (lage vochtbeschikbaarheid: zand; hoge vochtbeschikbaarheid: zand+klei) en daarmee de gevoeligheid voor droogtestress. In eerste instantie kan er slechts weinig verschil in voedselrijkdom zijn tussen zand en zand+klei maar door maaien (en afvoeren) en uitspoeling zullen de droge, zandige delen van het voorland oppervlakkig verzuren en steeds voedselarmer worden. De soortensamenstelling van de vegetatie zal hierop reageren en veranderen. Voedselarme droge zandgronden kennen een andere soortensamenstelling dan voedselrijkere, nattere gronden.

De grondwaterstand is een belangrijke randvoorwaarde omdat het in droge periodes de enige vochtbron is die beschikbaar is. Diepwortelende soorten zullen in staat zijn een afstand tot 1,5 m tot het grondwater te overbruggen, maar voor veel 'kleine' soorten (met dus ook kleinere wortellengtes) is dit al een te grote afstand. Bij grotere afstanden tussen het maaiveld en de grondwaterspiegel is vegetatie afhankelijk van regenwater dat wordt vastgehouden in de bodem. Langdurige droogte door het uitblijven van regenval zal een groot effect hebben op de ontwikkeling en overlevingskansen van vegetatie ongeacht de soort. Het bijmengen van klei in de toplaag helpt vocht vast te houden, en vermindert mogelijke droogtestress. Bij het ontwerp van een voorland is de hoogte van het zandpakket t.o.v. het (grond-)waterpeil bepalend welke vegetatie kansrijk is om zich te vestigen. Bij zandige voorlanden kan worden uitgegaan dat de grondwaterstand oploopt tot ongeveer 0,4 m boven het meerpeil door capillaire stijging. Ervaringen in de pilot Houtribdijk laten zien dat de grondwaterstand de peilfluctuaties van het meer door windopzet en zomer- en winterpeil volgt en dat op de hogere delen zonder bijmenging vrijwel geen spontane vestiging van soorten optreedt. In het stuk bijgemengd met klei wordt op de hogere, drogere stukken een dichte moslaag aangetroffen met hier en daar vetplanten, die karakteristiek zijn voor dit soort milieus. Het Voorland Stichtse Brug heeft een veel bredere, vlakke oeverzone ('groen strand') met een grondwaterstand die zomers niet dieper wegzakt dan 70 cm onder maaiveld. Een deel staat in het winterhalfjaar regelmatig onder water. Bij noordwesterstorm (vooral in het winterhalfjaar) vindt opstuwing van het water in het Gooimeer plaats waardoor het groene strand wordt overspoeld en het water een aantal dagen blijft staan (Bakker, 2016).

Bij golfaanval is het belangrijk om onderscheid te maken tussen de dagelijkse 'gemiddelde' golfaanval, en de golfaanval in extreme omstandigheden. Vegetatie draagt bij aan golfremming ook onder extreme condities, op de voorwaarde dat deze zich goed heeft kunnen vestigen, en dus dat de golfaanval tijdens 'dagelijkse' condities niet te hoog is. Golfaanval die hoger is dan 0.2 m onder dagelijkse omstandigheden zorgt voor een dusdanige hoge dynamiek dat vegetatie in de oeverzone zich niet kan handhaven (Steenbergen, 2015).

De ligging van het voorland ten opzichte van de heersende windrichting bepaalt de golfaanval. Als een voorland aan hoge golfaanval onder dagelijkse condities blootgesteld is, kan er voor gekozen worden om additionele luwtedammen voor het voorland te plaatsen om de golfaanval te verminderen. Op die manier kan oevervegetatie ontstaan, die tijdens extreme omstandigheden een bijdrage kan leveren aan de golfreductie op het voorland.

2.3.2 Aanlegkeuzes die een rol spelen bij de lange termijn ontwikkeling van vegetatie

Tijdens de aanleg kan al rekening worden gehouden met de verschillende randvoorwaarden die in paragraaf 2.2 zijn genoemd, om op die manier een bepaald type vegetatie na te streven: Bodemtextuur (ook wel bodemtype genoemd) wordt bepaald door het aanbrengen van zand al dan niet met leeflaag. Dynamiek als gevolg van golfslag wordt bepaald door expositie ten opzichte van de overheersende windrichting en de aanwezigheid van luwtedammen. Grondwaterstand is het gevolg van de dikte van het zandpakket ten opzichte van het meerpeil, en vegetatie kan wel of niet vanaf de start worden gestimuleerd door inzaaien of aanplanten van gewenste soorten.

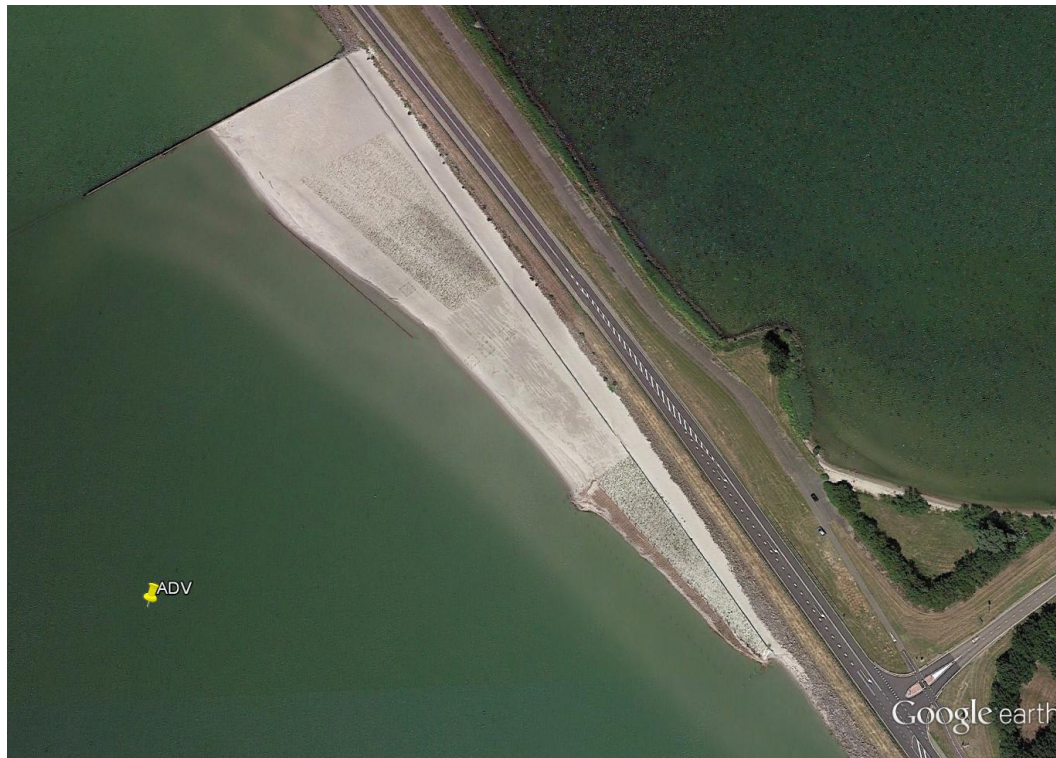


Figuur 2.6 Verschillende voorbeelden van aanlegkeuzes die de vegetatieontwikkeling beïnvloeden op het voorland (meerdere opties gelijktijdig mogelijk).

Aanlegkeuze beschuttingsniveau

De aanleg van luwtedammen- of luwtestructuren kan helpen om golven te reduceren en kan een mogelijke aanvulling zijn tijdens het ontwerp van het zandige voorland om bijv. additioneel 'luw' habitat te creëren, zoals bij de zandige versterking van de Houtribdijk het geval is. Ook kunnen deze luwtedammen kruierend ijs van een voorland weghouden. De luwtedammen moeten echter wel voldoende robuust zijn om tijdens een stormperiode stand te houden. Voor de totale zandige versterking Houtribdijk zijn dan ook robuuste harde structuren voorzien.

Op de pilot Houtribdijk is getracht of een kleine semi-doorlatende wilgentakkendam ook effect zou kunnen hebben, maar deze bleek te laag, waardoor er toch erosie van de oeverlijn bleef optreden, en golven niet voldoende werden gedempt om riet op de oeverlijn te laten vestigen. Ook een mat van rijshout van 100*16 m. op de oeverlijn bleek niet bestand tegen het extreme golfklimaat ter plekke en is in de loop van het experiment weg-geërodeerd doordat zand onder de matten verdween en de mat los kwam te liggen (figuur 2.7). Hierdoor hadden de golven vrij spel op de mat en bleek de constructie niet robuust genoeg om weerstand aan het sterke golfklimaat ter plaatste te kunnen bieden. Uiteindelijk is de rijsmat volledig weggeslagen als gevolg van de golfaanval en bleek vegetatieontwikkeling langs de oeverlijn niet mogelijk (figuur 2.8).



Figuur 2.7 Luchtfoto van de pilotlocatie op 30 juni 2015, met de wilgenhouten dam en de reeds half afgeslagen rijsmat langs het meest zuidelijke deel van de pilot.



Figuur 2.8 Pilot Houtribdijk. Restanten van een wilgentakkendam, aangelegd om erosie van de oeverzone te voorkomen, liggen aangespoeld in de sterk afgekalvde oever. Een van de vegetatieproefvlakken (gemarkeerd met houten paaltje) ligt nu in de waterlijn (foto: Rienk-Jan Bijlsma, september 2017).

Aanlegkeuze bodemtype

In de aanlegkeuze voor een bodemtype kan wel of geen leeflaag worden aangebracht op het zandlichaam door klei mee te mengen in de bovenste 50cm van het boven water talud. Op de pilot is ervoor gekozen om een leeflaag in enkele vakken specifiek bij te mengen om te kijken hoe deze de vegetatieontwikkeling en erosiebestendigheid beïnvloedt.

Voor zover de pilot laat zien draagt een leeflaag niet bij aan het beperken van de erosie van het totale profiel doordat erosie in de oeverzone blijft optreden. Wel draagt de leeflaag bij aan het vasthouden van vocht, en ontstaat er een meer gesloten vegetatiedek op deze leeflaag, dan op het kale zand.

De aangeplante struweelsoorten (een mix van wilgen, vlier en duindoorn) in de pilot werden ondermijnd door de golfcondities tijdens storm, en afslag van dit struweel was zichtbaar op foto's gedurende de ontwikkeling van een 2-daagse storm (figuur 2.9).



Figuur 2.9 Afslag van wilgenbosjes tijdens een storm op 2 juli 2016 en direct daarna op 4 juli 2016.



Figuur 2.10 Pilot Houtribdijk vanuit het zuiden. De afgeslagen oever en het ondermijnde struweel op de (sterk overstoven) leeflaag zijn goed zichtbaar evenals de restanten van een wilgentakken dam in het 'vloedmerk' (foto: Rienk-Jan Bijlsma, september 2017).

Een leeflaag geeft andere condities voor vegetatieontwikkeling dan een kale zandbodem. De grond is voedselrijker waardoor de ontwikkeling van planten naar verwachting sneller gaat. Maaien en afvoeren en ook tegengaan van de ontwikkeling van houtige vegetatie moet dan intensiever gebeuren dan op een zuiver zandige ondergrond. Een leeflaag is daarom in aanleg, maar mogelijk ook na aanleg duurder ook als we de totale levensduur beschouwen. Mogelijk dat er een leeflaag is, die en de vegetatie voldoende snel laat ontwikkelen of op zich al voldoende verstuuving tegengaat, zonder dat daarna ook intensiever gemaaid moet worden. De pilot laat zien dat onder de dynamische omstandigheden langs de Houtribdijk zich in eerste instantie een lage, gesloten moslaag ontwikkelt op de leeflaag die een goede bescherming biedt (figuur 2.11). Deze leeflaag kan vanuit een afkalvende oeverzone wel overstoven worden. In deze situatie verloopt de vegetatieontwikkeling ook op de leeflaag traag.



Figuur 2.11 Pilot Houtribdijk. Gesloten moslaag van pioniermossen op de voedselrijke en vochtvasthoudende leeflaag. De vestiging van kruiden (vooral akkerdistel, bezemkruid en reukeloze kamille) verloopt traag (foto: Rienk-Jan Bijlsma, oktober 2017).

Aanlegkeuze wel/ niet inzaaien of planten van vegetatie

Het wel of niet bespoedigen van vegetatie direct na aanleg beïnvloedt nog vele jaren na aanleg de ontwikkeling van het voorland. Wanneer specifiek gekozen soorten worden ingezaaid of aangeplant zullen deze in eerste instantie voor langere tijd de uiteindelijke soortsamenvoeling domineren. Echter, het aanplanten van soorten op een locatie waar zij van nature niet voorkomen kan niet. Op de pilot was daarom een mix van verschillende soorten aangeplant. Hiervan bleek op het hogere, drogere deel van de pilot, waar het grondwater erg diep zit de duindoorn zich het beste te kunnen ontwikkelen (voor details zie achtergronddocumentatie monitoring).

2.3.3 Beheerkeuzes die een rol spelen bij vegetatieontwikkeling

Na aanleg bepalen beheerkeuzes van zowel het zandpakket, als ook van de vegetatie zelf de ontwikkeling het zandige voorland naar een uiteindelijk langetermijnbeeld (figuur 2.12). Bij het beheer van het zandvolume speelt bijvoorbeeld de frequentie, timing in het jaar en de dikte van de laag die wordt aangebracht en waar deze wordt aangebracht (bijv. aanvullen onder de waterlijn, op de waterlijn of op het droge talud).

Bij het vegetatiebeheer is het wel of niet maaien, het toestaan van houtopslag (de vestiging van houtige gewassen – struiken en bomen) en het beheer van de rietontwikkeling van doorslaggevend belang voor de uiteindelijke vegetatietypen. De gekozen wijze van het zandvolumebeheer beïnvloedt op de middellange termijn de vegetatieontwikkeling: Wanneer zand bovenop gevestigde vegetatie moet worden gestort kan dat de gewenste vegetatietypen 'terugzetten' in een beginstadium van ontwikkeling. Aanvullen onder de waterlijn is in zulke gevallen misschien wenselijker, maar er zal uiteindelijk per situatie beoordeeld moeten worden welke zandvolumebeheeroptie het meest optimaal is.



Figuur 2.12 Verschillende keuzes in het beheer van zowel het zandvolume, als ook de vegetatie.

2.3.4 Vegetatie-zonering

Randvoorwaarden, aanlegkeuzes en beheerkeuzes combineren tot bouwstenen voor de vegetatietypering van voorlanden (in het IJsselmeer- en Markermeergebied), waarbij twee zones worden onderscheiden: de oeverlijn en het hogere, drogere voorland. Deze twee zones hebben elk een ander dominant type vegetatieontwikkeling, medeafhankelijk van het beheer.

1. **Oeverlijn** (vanaf de ondergrens van de golf-actieve zone) en natte tot vochtige oeverzone
 - a. Rietruigte. Relatief laagdynamische, extensief beheerde zone waarin riet wordt ingebracht of zich spontaan vestigt en waarin verder kleine lisdodde en ruigte kruiden kunnen voorkomen, zoals harig wilgenroosje en moerasmelkdistel. Deze zone kan kenmerken krijgen van habitatype 6430B (Ruigten en zomen, harig wilgenroosje) en een belangrijk leefgebied worden van riet- en moerasvogels en is alleen mogelijk onder lage hydraulische belastingen onder dagelijkse condities. Riet op de oeverzone kan tot op zekere hoogte ook golven breken en erosie van het voorland reduceren of vertragen.
 - b. Strand. Smalle, hoogdynamische en daardoor vrijwel onbegroeide zandige oever al dan niet met steilrand, als gevolg van hoge hydraulische belastingen onder dagelijkse condities;
2. **Voorland tussen dijk en oeverlijn**,
 - a. Dicht gras. Gesloten, grazige vegetatie op zand+leeflaag en met maaibeheer (minstens 1x per jaar). De vegetatie is in eerste instantie vrij open met soorten van ruderaal, voedselrijke bodem (zoals akkerdistel, harig wilgenroosje, bezemkruidkruid en reukeloze kamille) en betrekkelijk soortenarm; vervolgens neemt het aandeel concurrentiekrachtige grassoorten toe (bijv. frans raaigras, rietzwenkgras, duinriet) en ontstaat overeenkomst met de vegetatie van het dijktaalud.
 - b. Open gras. Open, grazige vegetatie op zand zonder leeflaag en met extensief maaibeheer (hoogstens 1x per jaar, afhankelijk van de mate van opslag). De openheid ontstaat door periodieke droogte en erosie en/of door recreatief gebruik. Afhankelijk van de grondwaterstand en de zuurgraad van de bodem kunnen zich verschillende ontwikkelingen voordoen: 1) bij diepe grondwaterstand (<1 m) en dynamische (geëxponeerde) condities (zoals op een smal voorland) met kleinschalige verstuing en verspoeling ontstaat een open vegetatietype met o.a. vetplanten (muurpeper, zacht vetkruid); 2) onder minder dynamische, droge, kalkarme condities (zoals op een breed voorland) ontwikkelt zich een schraalgrasland (met o.a. struisgras en haarmos), en 3) onder vergelijkbare condities op kalkhoudende bodem (door grondwaterinvloed en/of kalkhoudend zand) ontwikkelt zich een duinvallei-achtige vegetatie (met o.a. kruipwilg)
 - c. Struweel. Laagblijvende vegetatie van struiksoorten op zand+leeflaag waar door extensief beheer boomvormende soorten uit worden verwijderd of periodiek afgezet (1x per 5 jaar). Struweel zal in eerste instantie moeten worden geplant (bijv. sleedoorn, rode kornoelje, duindoorn) waarna (andere) besdragende soorten (bijv. meidoorn, rozen, dauwbraam, vlier) vanzelf zullen worden ingebracht door vogels. De leeflaag dient vooral om de overleving van plantsoen en vroege spontane vestiging te

vergroten. Boomvormers worden op de Houtribdijk in principe geweerd uit overwegingen van beleving (zicht vanaf de dijk op het Markermeer).

Op basis van bovenstaande randvoorwaarden, aanleg- en beheerkeuzes, ontwikkelt de vegetatie in de zones rond de oeverlijn en op het hogere, drogere stuk van het voorland zich tot een totaal eindbeeld. Voor situaties vergelijkbaar met die van de Houtribdijk is in tabel 2.1 een beschrijving van het eindbeeld is een beschrijving gemaakt op basis van deze variabelen. Hieruit komen 6 vegetatietypen voor het totale voorland naar voren. Deze worden hieronder verder uitgeschreven.

Golfaanval ter plekke	Keuze in aanleg	Keuze in beheer	Vegetatietype
beperkt	zand met extra klei in leeflaag	2 x maaien/jaar	1
dynamisch	zand met extra klei in leeflaag	2 x maaien/jaar	2
beperkt	zand met extra klei in leeflaag	2 x maaien/jaar + struweel beheer	3
dynamisch	zand met extra klei in leeflaag	2 x maaien/jaar + struweel beheer	4
beperkt	alleen zand	1 x maaien/jaar	5
dynamisch	alleen zand	1 x maaien/jaar	6

Tabel 2.1 Vegetatietypering (genummerd 1 t/m 6) in relatie tot randvoorwaarden in aanleg en beheerkeuzes – voor uitleg 1 t/m 6 zie onderstaande tekst.

A. Voorland aangelegd met een leeflaag voor het stimuleren van goede groei van vegetatie:

1. **Dicht gras-rietruigte-type:** De vegetatie ontwikkelt zich onder regulier beheer (2x maaien/jaar) in 10 jaar tot een stevige zode met langs de oever een robuuste rietkraag die in het water door groeit onder laagdynamische dagelijkse golfcondities. Hierdoor is de erosie van de oeverlijn sterk beperkt en ontstaat een stabiele situatie, waarbij de erosie van het voorland door de vegetatie verder wordt beperkt. Succesvolle vestiging en uitbreiding van riet vereist in eerste instantie maatregelen om begrazing door ganzen tegen te gaan.

2. **Dicht gras-strand-type:** De vegetatie ontwikkelt zich onder regulier beheer (2x maaien per jaar) tot een stevige zode op het droge deel van het talud, met langs de oeverlijn een onbegroeid stuk strand, dat zich tijdens stormcondities ingraaft onder deze grasmat, waardoor langzaam afkalvende steilrandjes ontstaan. De golfaanval is te dynamisch om riet op de oeverlijn tot ontwikkeling te laten komen.

3. **Struweel-rietruigte-type:** De vegetatie op het voorland ontwikkelt zich onder aangepast beheer (2x maaien per jaar op het dijktaalud + beheer van het voorland met laagblijvende houtige vegetatie (struweel), met eventueel stroken gemaaiide onderhoudspaden tussen deze houtige vegetatie. Langs de oeverlijn ontstaat een rietkraag. De erosie van dit voorland is zeer beperkt door de beperkte golfcondities en de rietkraag en de vegetatie op het talud.

4. **Struweel-strand-type:** De vegetatie op het voorland ontwikkelt zich onder aangepast beheer (2x maaien per jaar op het dijktaalud + beheer van het voorland met laagblijvende houtige vegetatie (struweel), met eventueel stroken gemaaiide onderhoudspaden tussen deze houtige vegetatie. Langs de oeverlijn een onbegroeid stuk strand, dat zich tijdens stormcondities ingraaft onder deze grasmat, waardoor langzaam afkalvende steilrandjes ontstaan. De golfaanval is te dynamisch om riet op de oeverlijn tot ontwikkeling te laten komen.

B. Voorland aangelegd als een puur zandige oplossing, zonder goede leeflaag, of rekening houdend met vochthuishouding in de bodem

5. **Open gras-struweel type:** De vegetatie op het zandige voorland ontwikkelt zich langzaam, door nutriëntenschaarste en trage opbouw van organische stof in de bodem. Afhankelijk van de grondwaterstand en van de kalkhoudendheid van de bodem ontwikkelen zich korte, grazige begroeiingen tot droog schraalgrasland of duinvallei-achtige begroeiingen met struweel (met name wilg). Regulier beheer (hooguit 1x maaien per jaar om struweelvorming te controleren en bosvorming tegen te gaan) levert een voldoende dichte vegetatie om verstuiwing tegen te gaan. Dit type vegetatie kan grote biodiversiteitswaarden bevatten.

Langs de oever bevindt zich zandstrand of vestigt zich sporadisch riet, dat gevoelig is voor erosie onder stormcondities.

6. Open gras-strand-type: De vegetatie op het zandige voorland komt alleen tot ontwikkeling op het droge deel van het talud. Regulier beheer (hooguit 1 x maaien per jaar om struweelvorming tegen te gaan) levert een matig gesloten zode met eenjarigen, vetplanten en maar stuift niet meer. Golfaanval op de oeverlijn zorgt voor een volledig zandige oeverlijn, die tijdens stormcondities verder kan eroderen.

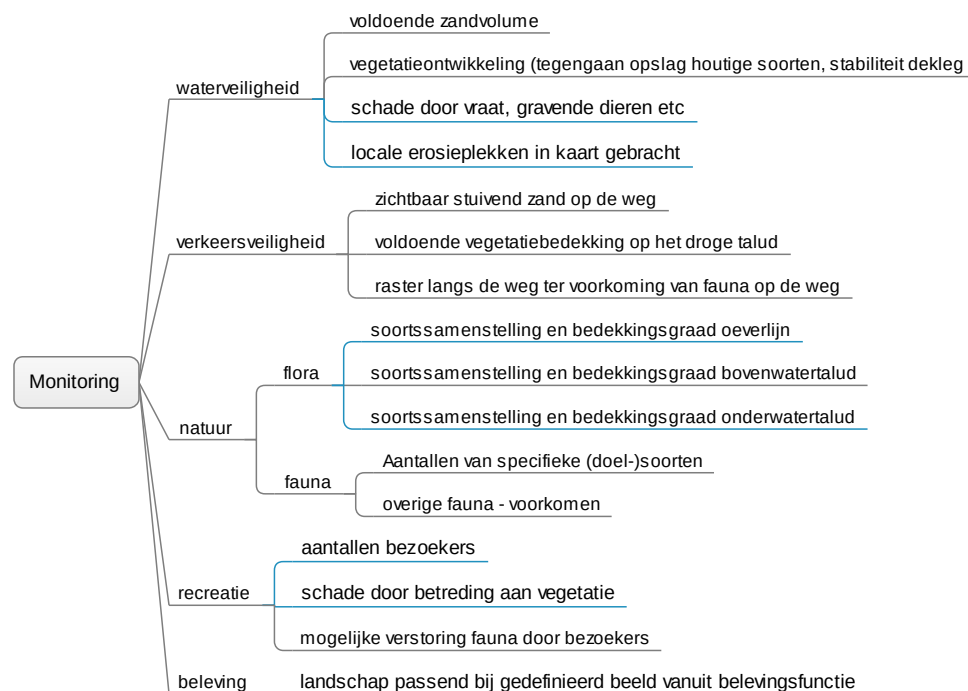
Het behouden van een stabiele oever met voldoende vegetatieontwikkeling zal naar alle waarschijnlijkheid op de lange termijn voordelig zijn in het verlengen van de periode waarin de slijtlaag aanwezig is en dus groot onderhoud kan worden uitgesteld.

2.4 Monitoring ten behoeve van beheer en onderhoud

Het ontwerp van het voorland op basis van de functiebeschrijving is de uitgangssituatie waarop monitoring moet worden ingericht. Omdat zandige vooroevers in binnenwateren zonder getijde relatief nieuw zijn in termen van hun langjarige functie als waterkerend object, weten we nog onvoldoende of het gekozen ontwerp zich op de lange termijn kan handhaven en is monitoren van de gesteldheid van het voorland om het moment van onderhoud te bepalen een belangrijk aspect van het beheer op lange termijn. Daarnaast helpt de monitoring ook om meer kennis over de ontwikkelingen op langere termijn te genereren.

Op basis van deze monitoring zal het vaste (jaarlijkse) onderhoud en het variabele (incidentele) onderhoud worden vormgegeven. Monitoring kan middels visuele inspectie in het veld voor directe afwijkingen en schade op basis van de beoogde functies. Hierbij zijn verschillende aspecten in de monitoring te benoemen, die al dan niet een plaats moeten krijgen in een uiteindelijk monitoringsplan (fig. 2.13)

Voor verschillende aspecten van de monitoring zoals ontwikkeling van de oeverlijn en vegetatie is visuele inspectie een belangrijke werkwijze. Voor grote gebieden kan dit worden aangevuld of gedaan worden met analyse van satellietbeelden (Spot satelliet, Sentinel2-vegetatiebeelden; Sentinel 1 radarbeelden; LIDAR beelden voor hoogteveranderingen).



Figuur 2.13 Onderdelen van monitoring van zandige voorlanden (afhankelijk van de functiebeschrijving).

Om de ontwikkeling van het profiel en het aanwezige zandvolume te kunnen volgen, kan een vergelijkbare werkwijze als voor de monitoring van de ontwikkelingen langs de Noordzeekust worden gevolgd. Zeker in het begin na aanleg zal het zandvolume tenminste jaarlijks in moeten worden gemeten. De waargenomen ontwikkeling van oeverlijn en profiel kan afwijken van de voorspelde ontwikkeling en aanleiding geven tot gericht extra monitoren op plaatsen die kritisch zijn voor de functievervulling en de ontwikkeling van het voorland. Het jaarlijks inmeten van dit zandvolume zowel boven- als onderwater zal hiervan onderdeel zijn. Hierbij moet extra aandacht worden gegeven aan de optredende processen in de zandige oeverzone (langstransporten en sedimentatie- en erosie dynamiek die kunnen leiden tot lokale erosieplekken). Het is mogelijk dat lokale morfologische ophangpunten ontstaan (minder erodeerbare plekken, die langere stukken ondiepe oeverlijn morfologisch beïnvloeden) of verdwijnen waardoor de algemene ligging van de oeverlijn wordt beïnvloed.

Deze afwijkingen kunnen zijn:

1. Verminderd volume zandpakket, als gevolg van grootschalige erosie of te hoge dynamiek in morfologische processen;
2. Afwijkende ontwikkeling in vegetatiebedekking (bijv. verslechtering van de staat van een grasmat)
3. Lokale schade door recreatie, gravende dieren etc. (gravende dieren spelen waarschijnlijk niet bij de Houtribdijk, maar wel bij de Oeverdijk aan de noordwestzijde van het Markermeer welke ook waterkerend moet zijn).
4. (Lokale) schade door ijsgang

Deze afwijkingen kunnen het gevolg zijn van 'jaarlijkse stormcondities' of extremere condities die minder vaak voorkomen. Daarnaast kan zetting mede een rol spelen, zeker in de eerste periode na aanleg. De monitoring zou hierop kunnen inspelen door na extremere condities additioneel te bepalen of er te grote afwijkingen zijn opgetreden.

De monitoring van vegetatie en het totale talud gaan hand in hand. Hard/zacht overgangen zijn typische plekken waar lokale erosie kan optreden, die ongewenst grote vormen kan aannemen. Dit soort locaties zullen na identificatie aanvullend zorgvuldig geïnspecteerd moeten worden om te zorgen voor een goede borging van de ontwikkeling van deze locaties in de tijd, zodat tijdig ingrijpen kan worden gepland.

In de reguliere monitoring moet ook mogelijke verstuing van zand richting de achterliggende dijk (met verkeersweg) worden beschouwd. Door verstuing van zand kan schade aan de verkeersweg optreden (bijv. het dichtslippen van afwateringsgoten) of zand op de rijbaan belanden, die een risico voor het verkeer vormen als dit een onderdeel van de functies van het systeem is, zoals dat bij de Houtribdijk zeker een aandachtspunt is. Extra aandacht voor de conditie van de weg is dan dus nodig. Fauna kan de weg op lopen: om dit te voorkomen kan een raster langs de weg worden geplaatst. Dit raster zal ook moeten worden geïnspecteerd.

3 Onderhoud

3.1 Algemene aspecten

Bij een traditionele dijk met een kleidek waarop gras groeit, is het jaarlijks onderhoud er op gericht deze grasmat van voldoende kwaliteit te houden, zodat schade aan het talud wordt vermeden. Veelal wordt een grasmat ofwel beheerd met schapen, ofwel gemaaid, waarbij het maaisel wordt afgevoerd. Dit maaien gebeurt één of twee keren per jaar, afhankelijk van de doelstellingen. Eventuele scheuren kunnen worden gedicht met klei.

Onderhoud van zachte voorlanden is niet specifiek anders dan 'traditionele' B&O in de zin dat het voorland weliswaar een groter oppervlak heeft, en een grotere fysische dynamiek kent, maar dat het in principe om vergelijkbare handelingen zal gaan. Wel zijn er aanvullende governance aspecten als de beheerder van het voorland een andere partij betreft dan de waterkeringbeheerder en is de omgevingsdynamiek mogelijk intensiever (zie hoofdstuk 5). Vanuit een belevingsfunctie kan het wenselijk zijn een bepaald landschapsbeeld na te streven. Zo wordt bijvoorbeeld in de plannen voor de oeverdijk (zandige dijkversterking aan de noordwestelijke kust van het Markermeer) uitgegaan van een open vooroever, zonder veel opslag van wilgen. Naar verwachting zal 80% van de wilgenopslag jaarlijks moeten worden verwijderd om dit open karakter met zicht op het meer te behouden. Hierbij gaat men er vanuit dat er veel wilgopslag zal zijn, maar dit moet in de praktijk nog blijken aangezien wilgen een specifieke vochtigheid en bodemgesteldheid nodig hebben voor kieming, wat bijv. op de pilot Houtribdijk nog niet is voorgekomen (zie textbox).

Begroeiingsontwikkeling op de pilot Houtribdijk

Een zandig voorland zal op termijn begroeien. De snelheid waarmee dit gebeurt en het type vegetatie dat zich ontwikkelt is afhankelijk van de bodemsamenstelling en de hoogte van het voorland ten opzichte van het grondwaterpeil, ervan uitgaand dat er voldoende zaadbronnen in de buurt zijn, waaruit vegetatie kan gaan ontwikkelen.

Op de pilot Houtribdijk is geëxperimenteerd met de rol van de bodemsamenstelling en het wel of niet aanplanten van vegetatie om de ontwikkeling hiervan te sturen en te stimuleren. Daarvoor is in enkele vakken tijdens de aanleg de bovenste 0,5 m van het droge talud klei ingebracht in een verhouding 70:30 (zand:klei). Daarnaast is deels vegetatie aangeplant volgens een beplantingsschema waarbij op het hogere (drogere) talud een mix van struweelsoorten (wilg, duindoorn, vlier) en op het nattere (lagere) talud een mix van oevervegetatie (riet, lisdodde en rietgras) is aangeplant.

De groei van de aangeplante vegetatie op de pilot Houtribdijk gaat snel waar klei is meegemengd, doordat de nutriënten en vochtbeschikbaarheid hier hoger is (klei houdt vocht vast en bevat meer nutriënten dan zand). Op het zandige stuk groeit de aangeplante vegetatie aanzienlijk langzamer dan op het kleiige deel en weten maar weinig plantensoorten zich spontaan te vestigen. De spontane vestiging van mossen, vetplanten en eenjarige soorten op het niet-aangeplante kleideel is groter, en helpt bij het tegengaan van stuivend zand (N.B. in dit stuk is, net als in het zandige onaangeplante deel, na 3 jaar nog geen spontane vestiging van wilg of andere houtige gewassen opgetreden, mogelijk door gebrek aan zaadbank en het extreme droge en winderige milieu).

N.B. op de pilot Houtribdijk zelf is het onderhoud zeer summier geweest, en heeft het zich vooral gericht op het herstellen van het stuifscherm van doek dat vaak kapot waaide, en het opruimen van de beschadigde rijsmat die na aanleg kapot is gegaan. Er is geen specifiek onderhoud geweest op de vegetatie anders dan het beregenen direct na aanplant en het hebben van enige exclusies voor het bepalen van de impact van ganzenvraat. Uitgebreide resultaten van de monitoring van de ontwikkelingen op de pilot Houtribdijk zijn te vinden in het hoofdrapport van de studie, en aanvullende achtergronddocumentatie over de monitoring gedurende de looptijd van de pilot.

De vegetatieontwikkeling kan in de praktijk afwijken van de op voorhand verwachte ontwikkeling, doordat bodemgesteldheid en vochtbeschikbaarheid niet passen bij het vegetatiebeeld dat voorzien was tijdens het ontwerp (zie hoofdstuk 2).

Wind maakt dat zand gaat stuiven, wanneer er geen klei is mee gemengd (waarbij het percentage klei om stuif tegen te gaan wel van belang is). Op de pilot is gekozen voor een 70%zand-30%klei mengsel, dat stuif lijkt te verminderen. Om te voorkomen dat het zand tegen het talud van de achterliggende dijk opstuift, of mogelijk zelfs op de weg boven op de dijk terecht komt, is het nodig maatregelen te nemen tegen dit stuivende zand. Dit kan door een stuifscherm te plaatsen, maar dit is kwetsbaar en vergt veel jaarlijks onderhoud. Vegetatie is in potentie een robuust en doelmatig stuifscherm en kan zand goed op zijn plek houden. Hiervoor is het dan wel nodig dat de vegetatie zich goed en snel kan vestigen.

Een zandige vooroever leent zich goed voor functie-combinaties, bijvoorbeeld met recreatie en/of natuur. De invulling van deze combinatie maakt dat een voorland specifiek moet worden beheerd met deze nevenfuncties in het oog.

Bij combinatie met recreatie moet worden nagegaan hoe mogelijke schade door recreatie in kaart kan worden gebracht. Ook moeten afspraken worden gemaakt wie verantwoordelijk is voor het onderhoud voor recreatiedoeleinden (vuil, vertrapping etc.).

In combinatie met natuur is juist het nastreven van een karakteristieke biodiversiteit via een specifiek maaibeheer of het langdurig 'niet-ingrijpen' een gewenste strategie.

Het opstellen van een B&O-protocol moet dus al in een vroeg stadium, bij voorkeur in dialoog met de ontwerpers, worden opgesteld en gedurende de eerste jaren na aanleg worden bijgesteld.

B&O voor een nieuwe situatie- voorbeeld golfremmend griend Fort Steurgat

Een goed voorbeeld voor het opstellen van een B&O protocol voor een nieuwe situatie waarbij een voorland een rol gaat spelen in de waterveiligheidsfunctie, is dat van de zachte dijkversterking bij Fort Steurgat in de Noordwaard. Omdat hier voor het eerst een nieuw zacht voorland met een wilgengriend is gebruikt in het kader van een dijkversterkingsproject, is er voor het beheer en onderhoud van deze griend een specifiek protocol opgesteld om beheer en onderhoud in lijn met de toetsingsprocedure te brengen.

Het opstellen van dit protocol is gebeurd in overleg met de betrokken beheerders, technische adviseurs en commerciële wilgentelers, om op dit manier alle mogelijke bezwaren en risico's in kaart te brengen en te voorzien van een oplossing al voordat het griend werd aangelegd.

Omdat de wilgengriend een golfreducerende functie moet hebben, zijn er eisen gesteld aan de dichtheid van de vegetatie (in termen van hoeveelheid, dikte en hoogte van de takken op de stam). Om mogelijke ziekten of vraat te kunnen weerstaan zijn verschillende soorten wilgen aangeplant in een alternerend patroon. Omdat de wilgen moeten worden geknot om de juiste hoogte te behouden is een overwaarde aan wilgen aangeplant, zodat steeds de helft van de griend kan worden geknot, en de andere helft nog voldoende golfreductie kan leveren onder maatgevende condities. Het onderhoud wordt uitbesteed aan een commerciële wilgenteler, zodat de onderhoudskosten niet te hoog en goed inzichtelijk zijn.

3.2 Technische aspecten onderhoud

In het ontwerp van het voorland zijn bepaalde uitgangspunten vastgesteld met betrekking tot de functies die het voorland moet vervullen. Op basis van de monitoring (paragraaf 2.3) wordt vastgesteld of het voorland nog aan deze uitgangspunten voldoet. Wanneer het voorland niet meer voldoet moet worden ingegrepen via onderhoud. In algemene zin kan gesteld worden dat de technische uitvoering van het onderhoud vrijwel altijd mogelijk is, mits er goed mandaat wordt gegeven, waarin de beheerder de ruimte heeft om te leren, te experimenteren binnen veiligheidsbanden en flexibel onderhoud te plegen. Doordat een zandig voorland met begroeiing naast een waterveiligheidsfunctie ook nevenfuncties kan hebben, zoals natuur, infrastructuur en/of recreatie moet bij het beheer ook met deze functies rekening worden gehouden. Tevens kan dit een verbreding van het takenpakket van

de beheerder betekenen, en een verbreding van de groep belanghebbenden bij de uitvoering van het beheer en onderhoud.

Voor het beheer en onderhoud maken we onderscheid in het onderhoud van het zandpakket, en het onderhoud van de vegetatie-deklaag op dit zandpakket. Zo is bijvoorbeeld het ontwerp van de zandige versterking van de Houtribdijk voornamelijk ingegeven vanuit het feit dat het zandpakket de veiligheidsfunctie bepaalt voor de dijk. Eventuele vegetatie wordt met name beheerd om verstuiwing tegen te gaan, maar er wordt nog geen veiligheidsfunctie aan de vegetatie gegeven. Dit is mede het gevolg van onvoldoende kennis over de doeltreffendheid van vegetatie om het zandpakket te verankeren tijdens extreme condities.

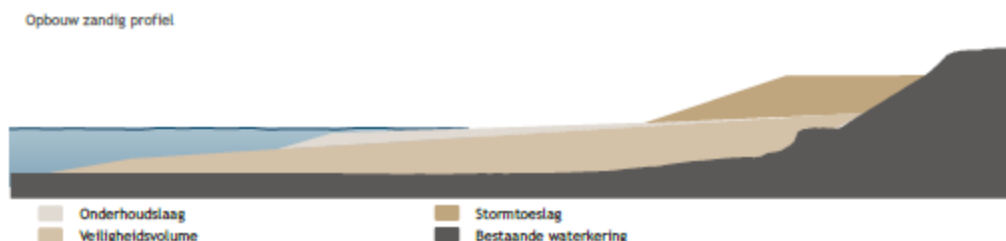
3.3 Onderhoud zandpakket

Bij zandige voorlanden is het belangrijk dat het totale zandvolume voor de dijk aan specifieke minimeisen voldoet. Wanneer afslag onderdeel is van het ontwerp (zoals bij de Houtribdijk het geval is), en het zandige profiel dus deels mag afslaan, net als langs de kust, moet er een minimum hoeveelheid volume overblijven waarbij er na de maatgevende storm nog een voldoende waterkerend volume zand (restprofiel) over moet zijn.

Voor de zandige versterking Houtribdijk is gekozen voor het aanleggen van een minimum veiligheidsvolume, met daarboven op een stormtoeslag en een slijtlaag voor 10 jaar en een onderhoudsmarge/stormbuffer die orde 30% van de 10-jarige slijtlaag bedraagt van 3 jaar. Op deze manier is het zandpakket theoretisch geborgd voor 10 jaar, ook als zich tussentijds een zeer zware, maar geen maatgevende storm voordoet. met een mogelijke marge van 3 extra jaren. De slijtlaag wordt in principe tussen de NAP-1 en NAP+1 meter aangebracht en heeft daarom theoretisch een maximale dikte van 2 meter.

De stormbuffer die aanwezig is, is niet bedoeld om nog 3 jaar respijt te hebben. Er is gekozen om een volume aan te brengen dat het mogelijk maakt een flinke storm door te komen zonder dat het veiligheidsprofiel al schade leidt.

Door goede inmetingen van de morfologische veranderingen aan het voorland kan worden vastgesteld of het benodigde volume nog aanwezig is, en of er beheer moet worden toegepast in de vorm van additionele suppleties.



Figuur 2.14 Opbouw zandige profiel van de zandige versterking Houtribdijk.

3.3.1 Vast onderhoud

Voor het zandige talud zelf is geen jaarlijks vast onderhoud voorzien, maar eerder periodiek onderhoud (bijvoorbeeld elke 10 jaar) wanneer de onderhoudslaag (slijtlaag) op is of de stormtoeslag is verminderd in volume. Wat moet worden aangebracht zal variëren in de tijd en per keer moeten worden vastgesteld door monitoring van het zandlichaam, vergelijkbaar met de wijze waarop nu de Basis Kustlijn Zorg is ingericht. Daarbij moet rekening worden gehouden met de wensen vanuit vegetatiebeheer en mobilisatiekosten, welke beiden locatie-specifiek zijn.

3.3.2 Variabel onderhoud

Het variabele beheer van het zandpakket kan eruit bestaan dat zand opnieuw wordt opgespoten, in vergelijking/vergelijkbaar aan met de zandsuppleties zoals die gewoon zijn bij de Noordzeekust. Er zijn verschillende redenen waarom het variabele onderhoud zou moeten plaatsvinden:

1. Er is ook onder dagelijkse omstandigheden sprake van erosie in de ondiepe zone en langs de oeverlijn, waardoor deze een kaal profiel heeft, wat in geval van de bijv. de Houtribdijk mogelijk doorloopt tot NAP +0,5 meter en samenvalt met de vorming van een onderwaterplateau. In de meeste gevallen moet de slijtlaag in dit soort profielen worden hersteld wanneer deze te ver geërodeerd is en zou dat kunnen door zand op het plateau onder water aan te brengen.
2. Er is na flinke storm erosie opgetreden van het veiligheidsprofiel of er zijn delen van de stormtoeslag verdwenen. Dit zou in principe alleen mogen optreden in zeer uitzonderlijke situaties. In die gevallen moet het veiligheidsprofiel worden hersteld daar waar het profiel is weggeslagen.
3. Er is onvoldoende volume omdat de zetting van het aangebrachte pakket groter is dan verwacht. In dat geval moet er mogelijk zand ook hoger op het profiel worden aangebracht.

De mogelijkheid bestaat dat de ligging en golfval op het voorland dusdanig zwaar blijken te zijn dat moet worden overwogen of oeverbeschermingen aanleggen noodzakelijk is om jaarlijkse erosie tegen te gaan als mitigerende maatregel, zodat er langdurig een voldoende volume ligt om extreme condities te kunnen weerstaan. Zo wordt bij de zandige versterking Houtribdijk een serie van vooroeverdammen aangelegd die in staat zijn om de dagelijkse golfaanvallen te reduceren, zodat daarachter een luwer golfklimaat ontstaat dat niet alleen gunstig is voor de stabiliteit van de zandige versterking zelf, maar ook voor de flora en fauna in het gebied. Deze vooroeverdammen zullen ook moeten worden beheerd en onderhouden, en kunnen worden beschadigd tijdens extremere events zoals extremere stormen of kruidend ijs.

Wanneer de slijtlaag na verloop van tijd geërodeerd is, zal deze weer moeten worden aangevuld middels zandsuppletie. Hierbij zijn verschillende methoden te bedenken hoe dit zand wordt aangevuld, afhankelijk van waar in het talud het zand verdwenen is. We gaan er vanuit dat het merendeel van de erosie heeft plaats gevonden op het talud onder water en nabij de oeverlijn, en dat er door zetting een verlaging van het bovenwatertalud heeft plaats gevonden:

1. aanbrengen op het oevertalud onder water vlak voor de oeverlijn
2. aanbrengen op het oevertalud zowel onder water, als op de oeverlijn
3. aanbrengen op het oevertalud zowel onder water, op de oeverlijn en hoger op het droge talud

Het aanbrengen van een nieuwe laag zand onder water kan ten koste gaan van vegetatie die zich in de oeverzone heeft gevestigd. Er zal een evaluatie moeten worden gedaan van de voorkomende soorten, en of deze al dan niet getransplanteerd moeten worden, voordat het nieuwe volume zand wordt aangevuld.

Het aanbrengen van zand bovenop het talud zal een daar aanwezige grasmatten verstikken, en het zal nodig zijn een nieuwe grasmatten aan te brengen/te stimuleren middels toevoegen van een nieuwe leeflaag. Dit is een kostbare onderhoudsmaatregel.

Het aanbrengen van zand tussen bestaande houtige gewassen zal technisch lastiger zijn dan het opbrengen op een talud met grasbegroeiing. Bomen moeten mogelijk verwijderd worden, waardoor dit een kosten-intensievere onderhoudsopgave.

3.4 Onderhoud vegetatie

3.4.1 Vast onderhoud

Het onderhoud van de vegetatie is gekoppeld aan het onderhoud van het zandpakket. Wanneer de vegetatie goed ontwikkeld is, vermindert dit erosie en helpt het zo het onderhoud van het zandpakket te verminderen.

De wijze van het vast onderhoud van vegetatie is afhankelijk van de doelstellingen die voor deze vegetatie gelden op het voorland en moet worden vastgelegd in een groenbeheerplan (voor technische specificaties zie RWS2013). Vanuit het waterveiligheidsperspectief wordt vaak gekozen voor een goed gesloten grasbekleding op een kleilaag op het dijktaalud zelf. Voor een zandig voorland kan dit anders zijn, omdat aan de vegetatie mogelijk geen waterveiligheidsfunctie wordt toebedeeld. Zo kan vegetatie alleen nodig zijn om te voorkomen dat stuivend zand op de dijk terecht komt. Riet op de oeverlijn, langs grootschalige, open land-waterovergangen met geringe

dagelijkse hydraulische belasting kan wel als golfreducerende maatregel worden ingezet en hoeft in principe niet gemaaid te worden (RWS2013).

Het vaste onderhoud gaat dus uit van de gestelde ontwerp-eisen en functies. Dit betekent bijvoorbeeld voor zandige voorlanden rondom het Markermeer en het IJsselmeer dat er geen ruimte is voor de ontwikkeling van grotere, hogere aaneengesloten bosschages en dat opslag van houtige vegetatie moet worden verwijderd om de openheid van het landschap te garanderen. Bij voorlanden in de uiterwaarden, zoals fort Steurgat is deze houtige vegetatie juist een vitale en makkelijker te beheren optie, en wordt dit type vegetatie zelfs meegewaardeerd in de veiligheidsfunctie.

Vast onderhoud bij vegetatie die onderdeel is van de veiligheidsfunctie

Vegetatie die onderdeel is van de waterveiligheidsfunctie wordt gekenmerkt door het feit dat deze gekwantificeerd moet worden in zijn stabiliteit, zoals weergegeven in toetsvoorschriften en ontwerpuitgangspunten. Bij grasbekleding kan steekproefsgewijs de worteldichtheid worden bepaald. Bij griendvegetatie (wilgen) kan de hoeveelheid biomassa worden uitgedrukt in het aantal stammen / m² en de diameter en hoogte hiervan. Deze gekwantificeerde waarden zijn direct terug te koppelen aan de bijdrage van deze vegetaties in de veiligheidsberekeningen.

Wanneer tijdens de jaarlijkse monitoring wordt vastgesteld dat de vegetatieontwikkeling achterblijft bij de gestelde normen zal het beheer hierop moeten worden aangepast.

Vast onderhoud bij vegetatie die alleen functioneert in het tegengaan van stuif (verkeersveiligheidsfunctie)

Vegetatie die alleen functioneert in het tegengaan van stuivend zand hoeft geen volledig dichte structuur te hebben. Ook is het niet nodig om hier veel te maaien ter versterking van de vegetatie, maar is 1x per jaar/1x per 2 jaar maaien om houtopslag tegen te gaan voldoende. Maaisel moet worden afgevoerd om te vermijden dat het de weg op waait.

Vast onderhoud bij vegetatie met een additionele biodiversiteitsfunctie (natuurfunctie)

Biodiversiteit van schraalgraslanden en duinvallei-achtige begroeiingen zijn gebaat bij het afvoeren van maaisel. Achtergebleven maaisel leidt tot verruiging. Veelal levert grondwater of spatwater(bij harde wind of storm) voldoende nutriënten voor vegetatieontwikkeling. Bij eventuele verzuring ontstaan heideachtige vegetaties (afhankelijk van zaadbronnen in het achterland).

Vast onderhoud bij vegetatie met een gelimiteerde soortsamenstellingsacceptatie (belevingsfunctie)

Om een open landschap (met zicht op het water vanaf de dijk) te garanderen moet opslag van houtige soorten worden tegengegaan. Dit kan door 1x per 2 jaar te maaien en het maaisel te verwijderen.

3.4.2 Begrazing op het voorland

Drukbegrazing gebeurt veelal in situaties waar een pachter verantwoordelijk is voor het kort houden van de grasmat (evt. met aanvullend maaien wanneer het gras niet kort genoeg kan worden gehouden). De voordelen van begrazing door schapen is dat zij zorgen voor een dichte en stevige graszoden, en door hun kleine hoeven zorgen zij voor extra aanstamping van de grond. Een bijkomend voordeel van schapen is dat zij de kleine holletjes van muizen dichttrappen, en daarmee de muizenpopulatie verminderen.

Bij een dijk met voorland zal de begrazing zich over een groter gebied uitspreiden, met mogelijk een voorkeur voor bepaalde locaties binnen het voorland, afhankelijk van de grazersdichtheid. Ter vergelijking: de dichtheid van schapen op dijken is afgestemd op de productie van het gras, en is maximaal 10 schapen per hectare (bron Deltafact STOWA). In uiterwaarden is de optimale dichtheid aan grote grazers (runderen en/of paarden) 1 per 1,5 ha in voedselrijke terreinen tot 1 per 3 ha in schrale en bosrijke terreinen. Er moet dus worden toegezien op een voldoende gelijkmatige begrazing binnen het totale terrein, mogelijk door middel van wisselende begrazing op delen middels afrastering.

Aangezien zandige taluds zonder bijmenging van klei erg schraal zullen zijn, is de draagkracht van deze taluds gering. Begrazing is in dat geval waarschijnlijk een minder logische beheersvorm.

3.4.3 Variabel onderhoud

Het variabele onderhoud is medeafhankelijk van de toegekende functies aan de vegetatie en zal in veel gevallen volgen op de noodzaak om ook het zandpakket te onderhouden. Door de toevoeging van nieuw zand aan het zandpakket om het vereiste zandvolume te garanderen, zal afhankelijk van of dit zand op de bestaande vegetatie wordt aangebracht, de vegetatie tijdelijk onder grote druk staan. Extra zand bovenop een zode zal al bij een laag van ongeveer 50 cm (of afhankelijk van de vegetatie een nog kleinere laagdikte) zorgen voor een volledige terugzetting van de vegetatie naar een pionier-stadium.

Toevoegen van zand aan rietoevers zal ook een sterk negatieve impact hebben op deze vegetatie. Er zijn geen gegevens over de hergroeimogelijkheden van riet na significante zandsuppletie.

Na een zandsuppletie zal er ook aandacht moeten zijn voor de hervestiging van vegetatie, als ware het startende vanaf direct na aanleg, maar daadwerkelijke kwantitatieve kennis over de effecten van een zandsuppletie op vegetatieontwikkeling ontbreekt. Een mogelijke mitigerende maatregel is om de toplaag tijdelijk apart te zetten en daarna terug te brengen, of een nieuwe toplaag te maken, door het meemengen van holoceen materiaal in de bovenste 50 cm zand tot een verhouding van ongeveer 70% zand en 30% holoceen materiaal (op basis van de samenstelling van de toplaag op de pilot Houtribdijk).

3.5 Omgaan met gravende dieren en veek op de dijk

Uit discussies met beheerders komen een aantal terugkerende onderwerpen naar voren, die kunnen worden beschouwd als algemene zorgpunten voor dagelijks beheer en onderhoud van een dijk met voorland (zie o.a. verslag workshop B&O zachte voorlanden, Penning 2016). Veel van deze onderwerpen zijn specifiek gerelateerd aan het beheer van een grasdijk, die mogelijk door de komst van een nieuw aan te leggen voorland kan worden beïnvloed. Daar waar de dijk zelf achter het voorland nog met stortsteen (zoals bij de Houtribdijk het geval is) is bekleed, geldt mogelijk een andere discussie. Desalniettemin noemen wij deze punten hier voor de volledigheid.

3.5.1 Bevers en andere gravers

Graafactiviteiten van bevers, muskusratten, vossen, konijnen en andere dieren is een veelvoorkomend probleem in het dijkbeheer. Hoewel er voor muskusratten een regulier programma is om de aantallen, en daarmee gepaarde schade te beperken, is dit voor bevers lastiger. Bevers zijn beschermd onder de Natura-2000 wetgeving en mogen niet zomaar gevangen of verplaatst worden. Knaagschade door bevers aan vegetatie op het voorland is moeilijk te sturen of te voorkomen. De meest haalbare optie is via regelmatige inspectie te evalueren of herplant van vegetatie nodig is, of dat het juist beter is te zoeken naar andere oplossingen (bijv. uitrastering).

Graafschade door konijnen is niet uit te sluiten, maar wordt niet als een groot risico ingeschat. Konijnen hebben een voorkeur voor een droge zandige bodem waarin ze makkelijk hun hol kunnen graven. Op basis daarvan zou een zandige vooroever aantrekkelijk voor ze kunnen zijn.

Ganzen kunnen mogelijk een additionele graasdruk op vegetatie vormen. Zolang de vegetatie niet meedoen als een waterveiligheidsfunctie is dit geen probleem. Bij de aanleg van grootschalige voorlanden zal er naar verwachting voldoende ruimte zijn om graas door ganzen te verdisconteren. Het is mogelijk om grootschalige exclusures in te richten om ganzenvraat in de eerste periode na aanleg tegen te gaan. Het onderhoud van deze exclusures vraagt extra aandacht, en zal daarom op de lange termijn ongewenst zijn.

3.5.2 Veek

Veek dat achterblijft na een hoogwater wordt in de regel verwijderd van de grasmat van een dijktaalud (N.B. langs dijken met een steenbestorting geldt deze paragraaf niet). Dit gebeurt in regulier beheer meestal in het voorjaar zodat er met de eerste maaibeurt geen schade optreedt aan het onderhoudsmaterieel. Door de aanleg van een voorland voor een dijk zijn er twee mogelijke veranderingen in de veek:

Guideline beheer en onderhoud zandige voorlanden

Door het grote voorland komt een gemiddeld hoogwater niet meer op het dijktaalud, waardoor er geen noemenswaardig veek aanwezig is dat de grasmat van het dijktaalud zelf significant aantast. In het geval van de Houtribdijk zal het zand aansluiten op het ontwerppeil bij maatgevende condities. Veek loopt daarom altijd dood in de vegetatie op het zandige taalud zelf. Het kan eventueel plaatselijk een probleem vormen als de beheerder heeft gekozen voor een grasmat die gemaaid moet worden, in dat geval zal de veek op het zandige taalud moeten worden opgeruimd. Voor de Houtribdijk pilot is waargenomen dat de veek niet hoger dan +0,5 meter NAP komt of niet verder dan de steilrand.

Door het grote voorland komt er meer materiaal op de dijk terecht tijdens een hoog water wat de dijk daadwerkelijk bereikt. Op zo'n moment zal er meer materiaal moeten worden afgevoerd, als de dijk bekleed is met een grasmat.

4 Financiële aspecten

4.1 Beheer- en onderhoudskosten

'Management by Nature' zou ideaal zijn, maar in de meeste gevallen is het onderhoud van een zandig voorland toch mensenwerk en kost het inzet van materieel en uren. Tot de kosten van beheer en onderhoud horen:

- De inspectie, de beoordeling en het beheer en onderhoud van het zandige talud voor wat betreft haar functie voor waterveiligheid. Dit betreft vooral het aanwezige volume aan zand en waar dit volume in het profiel aanwezig is.
- De inspectie en het beheer en onderhoud van de vegetatie op het zandige talud boven water voor wat betreft haar functie in het tegengaan van verstuing, in de oeverzone voor wat betreft het beperken van de erosie en mogelijk ook van het onderwatertalud, vooral als er sprake is van natuur(compensatie) doelstellingen.

De beheerskosten voor wegen en recreatie zijn hierbij niet nader beschouwd.

Voor toetsing en beheer en onderhoud van het zandvolume zijn er parallellen met de kust te trekken. Aan de kust is een basiskustlijn gedefinieerd. Voor zandige voorlanden kan worden uitgegaan van iets soortgelijks, een basisoeverlijn, waarmee ook een interventiepunt samenhangt dat aangeeft dat herprofilering van het talud nodig is c.q. dat zandsuppletie nodig is.

De kosten van beheer en onderhoud hangen af van:

- De frequentie en dichtheid van monitoring en intensiteit van toetsing. Dus aantal keren per jaar maar bijvoorbeeld ook hoeveel raaien worden ingemeten en afzonderlijk worden getoetst. Voor het meten van het zandig profiel zal de frequentie en dichtheid na aanleg groot zijn en met de tijd afnemen, zodra duidelijk is waar de meest dynamische en kritische trajecten zijn gelegen. De benodigde intensiteit zal verschillen van plaats tot plaats en ook kunnen afhangen van de robuustheid van het ontwerp dat is aangelegd.
- De wijze waarop inspectie en metingen plaatsvinden, bijvoorbeeld met een drone, waarmee gemakkelijk grotere oppervlakken en lengten kunnen worden gemonitord, iets dat bij de omvang van de zachte versterking van de Houtribdijk een rol speelt.
- De frequentie van het onderhoud. Vooral wat betreft het maaibeheer hangt dit samen met de functies van de vegetatie en ook de natuurdoelen die men nastreeft.
- De wijze waarop onderhoud wordt uitgevoerd, wat samenhangt met de langwerpige vorm van het talud, de bereikbaarheid van de plaats waar zand nodig is of riet moet worden gemaaid, waar zand aanwezig is dat men voor suppletie kan inzetten en de natuurwaarden waarmee men rekening moet houden.

Het maaien van de rietkraag en de omvang van de erosie en daarmee nodige suppleties, vormen in potentie de belangrijkste kostenposten. De overige posten, zoals inspectie, zijn vaak vergelijkbaar aan die van een conventionele harde versterking.

4.2 Algemene kosten

De algemene kosten voor bestrijding van plaagsoorten, handhaving en inspectie liggen waarschijnlijk in dezelfde orde als voor dijken. Het zandige talud van de Houtribdijk is weliswaar breder, maar er hoeft in geval van muskratten, konijnen e.d. minder snel te worden ingegrepen, omdat gegraven gangen niet van invloed zijn op het functioneren van het zandige voorland. In geval van een zandlichaam zoals de oeverdijk binnen het project Markermeerdijken die ook een waterkerende functie heeft, vragen de graafactiviteiten meer aandacht.

Handhaving is een punt van aandacht, vooral als het zandige voorland de vorm heeft van een (aantrekkelijk) strand, op plaatsen waar recreatiestranden goeddeels ontbreken, maar waar het zandige voorland wel goed bereikbaar is. Dit is o.m. een aandachtspunt voor de HRD omdat recreatief gebruik van het voorland met oog op

verstoringsgevoelige natuurwaarden niet kan worden toegestaan. Het parkeren in de wegberm wordt daarom fysiek beperkt.

Inspectie is vergelijkbaar met die van een dijk met een harde bekleding, maar dit is nog exclusief het monitoren van het profiel en het aanwezige zandvolume. Ook moet worden bedacht dat een zandig talud, met vegetatie, minder overzichtelijk is dan een dijk met steenbekleding. De visuele inspectie, vooral van zwerfvuil, vraat- en graafsporen e.d. kan daarom meer tijd kosten.

In [Inventarisatie beheer- en onderhoudskosten primaire waterkeringen Basisgegevens voor LCC binnen het HWBP, Triple Bridge, 2014] is een tabel beschikbaar met kosten kentallen voor algemene kosten voor Beheer en Onderhoud. Deze komen tot orde 450 Euro/km per jaar voor handhaving en ook voor inspectie en orde 950 Euro/km per jaar voor bestrijding van plaagsoorten. Er is echter sprake van een grote bandbreedte in deze kosten, maar de daarvoor verantwoordelijke variabelen zijn niet aangegeven. Uit de tabel komt naar voren dat de algemene kosten lager zijn dan die van regulier onderhoud. En ook dat de onderhoudskosten van steenbekleding en waterbouwasfalt elkaar niet veel schelen. Bij waterbouwasfalt zal echter de staat c.q. levensduur van belang zijn. Op plaatsen waar deze bekleding zijn einde levensduur nadert, zijn de onderhoudskosten waarschijnlijk groter. Niet in de tabel opgenomen zijn de kosten voor de teenbestorting. Op grote wateren zoals het IJsselmeer en Markermeer moet o.a. rekening worden gehouden met incidentele ijsgang.

	Frequentie	Kosten *	Eenheid
Algemene kosten B&O			
Bestrijding plaagsoorten		€ 950,00	per km per jaar
Handhaving		€ 450,00	per km per jaar
Inspectie		€ 450,00	per km per jaar
Regulier onderhoud			
Steenbekleding	Ad hoc	€ 19,50	per are per jaar
Waterbouwasfalt	1x per 10 jaar	€ 200,00	per are per keer
Maaionderhoud (uitbesteed)	2x per jaar	€ 8,00	per are per jaar
Maaionderhoud (eigen beheer)	2x per jaar	€ 9,50	per are per jaar

* Alle kosten incl. kosten eigen apparaat (behalve waterbouwasfalt), incl. kosten engineering, administratie en toezicht voor uitbesteede werkzaamheden, excl. BTW.

Tabel 4.1 Kosten kentallen voor beheer en onderhoud (uit Triple Bridge, 2014).

4.3 Monitoring, toetsing beheer en onderhoud vegetatie

4.3.1 Monitoring en toetsing

Het vegetatiebeheer kan gericht zijn op verschillende doelen:

- Het voorkomen van verstuing, waarvoor een voldoende dichte vegetatie belangrijk is, maar de soortensamenstelling er niet toe doet. De inspectie en toetsing hiervan is eenvoudig en kan gelijk met de algemene inspectie plaatsvinden.
- Natuurontwikkeling, waarbij vooral gestuurd wordt op een soortenrijke vegetatie, of op het ontwikkelen van habitats voor specifieke doelsoorten zoals vogels, insecten, vissen en amfibieën. De inspectie en toetsing hiervan betreft vooral ecologische monitoring. De kosten hiervan vallen buiten de directe toetsing en monitoring die nodig is voor het beheer en onderhoud van een zandig voorland als onderdeel van de primaire kering.
- Golfreductie, waarvoor een voldoende dichte hoge en ook robuust diepgewortelde vegetatie van belang is. De inspectie en toetsing hiervan valt buiten de algemene inspectie. Er is op dit moment nog beperkte kennis en ervaring met het bepalen van de golfreductie die met vegetatie bij maatgevende condities kan worden gehaald en op welke indicatoren daar de vegetatie op getoetst kan worden. Vooral is nog onduidelijk of riet en wilgen wel overeind blijven bij een maatgevende storm en op basis waarvan dat kan worden vastgesteld.

4.3.2 Beheer en onderhoud talud

Voor dijken geldt dat maaien per oppervlakte eenheid vaak goedkoper is dan het onderhoud van een steenbekleding. Het maaien is hier gericht op het in goede conditie houden van de grasbekleding omdat hieraan ook eisen worden gesteld bij maatgevende omstandigheden. Voor de vegetatie op een zandig talud kan van een lagere maaifrequentie worden uitgegaan. Dit zou betekenen dat het onderhoud van het zandige talud boven de water lijn minimaal orde 2,5 tot 3 Euro/are/jaar bedraagt, uitgaande van eens in de 2 jaar maaien en een zandige voedselarme ondergrond. Echter er moeten tussentijds daarbij mogelijk wel opgaande bomen worden verwijderd, een reden dat we voor de kosten uitgaan van 1 keer maaien per jaar, of eens in de 2 jaar maaien met verwijderen van houtige vegetatie tegen orde 4,5 Euro/are/jaar.

Dit is minder dan het onderhoud van steenbekleding uitgedrukt in de kosten per are, echter het zandige profiel heeft vanwege de flauwe helling een veel groter oppervlak. Uitgaande van een flauw profiel (1 op 30) is het oppervlak van het zandige talud boven de waterlijn orde 60 m²/meter, bij een aansluithoogte van 2 meter boven gemiddeld waterpeil, terwijl het oppervlak van een dijk tussen waterlijn en 2 meter hoogte orde 6 tot 9 m²/meter bedraagt.

Boven de lijn waarop het zandige talud aansluit op de dijk ligt vaak nog het oorspronkelijke (stenen) oppervlak van de dijk bloot. Dit oppervlak moet ook worden onderhouden. Dit is vooral het geval bij hybride zandige voorlanden, waarin ook de bekleding nog een functie vervult. De kosten hangen dan af van de staat van de bekleding. In het ontwerp kan men er ook voor kiezen om ook dit deel van het talud af te dekken met een leeflaag. In dat geval is vegetatiebeheer nodig voor het gehele talud.

4.3.3 Beheer en onderhoud oever(vegetatie)

Wat niet in tabel 4.1. is opgenomen zijn de kosten van het maaien van riet. Ook voor riet geldt dat maaien er meestal op gericht is om het riet vitaal te houden en de opslag van bomen tegen te gaan. Dit laatste geldt voor dat deel van de rietkraag dat boven waterpeil is gelegen. De maaifrequentie loopt uiteen tussen jaarlijks en eens in de 3 jaar maaien voor "landriet". Het "waterriet" hoeft men in principe niet te maaien om opslag van bomen tegen te gaan en overjarig waterriet is een waardevolle broedhabitat voor veel rietvogels. Voor het tegengaan van houtopslag op het boven de waterlijn gelegen rietland is eens per 3 jaar maaien voldoende. In het laatste geval wordt in natuurgebieden vaak patroonsgewijs gemaaid, zodat er altijd een deel oude rietbegroeiing aanwezig is, bijvoorbeeld als broedgebied voor rietvogels zoals de roerdomp.

De kosten die gemaakt worden voor het beheer van rietkragen lopen uiteen tussen de 0,3 en 0,4 Euro/m²/jaar. Uitgaande van een rietkraag van 10 meter breed, zijn de kosten dus orde 3 tot 4 Euro/meter voor intensief beheerd rietland.

De kosten voor het maaien van de rietkraag zijn dus een verhoudingsgewijs grote onkosten post. Het is daarom goed onderscheid te maken naar voorlanden met en zonder rietkraag, de vorm van maaibeheer en de breedte van de rietkraag. In principe kan een rietkraag groeien van orde 0,7 meter water diepte tot waar het grondwater niet te diep onder het oppervlak van het zandige talud is gelegen. Dit betekent dat een rietkraag op een flauw oplopend profiel (van 1 op 30 en riet van 0,7 water diepte tot 1,6 meter boven waterpeil) een rietkraag orde 60 tot 70 meter breed kan zijn. Een dergelijk brede rietkraag zou bij jaarlijks maaien tot 18 tot 20 Euro/meter aan beheerskosten vragen, ofwel 18.000 tot 20.000 Euro/kilometer. Het is daarmee potentieel veruit het duurste onderdeel van het onderhoud. Jaarlijks maaien is nodig als men een vitale rietbegroeiing wenst en ook de opslag van houtige gewassen wil tegengaan. Men kan er ook voor kiezen om de rietkraag minder ver op het land te laten doorgroeien en hier te kiezen voor het goedkopere grasmaaien. Ook kan men een rietkraag minder vaak maaien, gemiddeld elke 2 jaar, eventueel in combinatie met het incidenteel verwijderen van houtige opslag. De kosten zijn dan eerder in de orde van 4.500 tot 5.000 Euro/km per jaar, terwijl de functie van het riet in relatie tot het onderhoud, c.q. het beperken van erosie, is gewaarborgd. De resulterende rietkraag is dan ook nog steeds breed genoeg om als broedbiotoop voor de roerdomp te dienen.

Onderhoud van:	Kosten	Frequentie
Dijkbekleding boven aansluiting zandige profiel (kan een grasmat of een steen bekleding zijn)	Afhankelijk van de staat, mogelijk orde 20 Euro/are/jaar	Afhankelijk van de staat
Zandig talud boven oeverlijn, grasvegetatie.	Kosten orde 6 tot 12 Euro/meter talud, afhankelijk van de frequentie.	Maaien en afvoeren 1 maal per jaar tot 1 maal per 2 jaar.
Oevervegetatie	Kosten orde 0-10 Euro/meter talud afhankelijk van de breedte van de rietkraag en frequentie van maaien en of dit mechanisch of met de hand moet gebeuren.	Maaien 1 maal tot 1 maal per 2 jaar.
Onderwatervegetatie	Kosten 0 ervan uitgaande dat niet met oog op waterrecreatie of natuurdoelen hoeft te worden beheerd.	Niet.

Tabel 4.2 Beheer en onderhoudskosten vegetatie en bekleding.

4.4 Monitoring, toetsing beheer en onderhoud zandig profiel

4.4.1 Monitoring en toetsing

Een zandig voorland is voor de grote meren een nieuw gegeven. Monitoring is daarom in de eerste jaren intensiever, totdat duidelijk is hoe het zand beweegt en totdat zich een meer stabiele evenwichtssituatie heeft gevormd, met beter voorspelbaar, meer trendmatig gedrag.

In de beginfase speelt naast de morfologische ontwikkeling ook zetting een rol en zijn beide processen van invloed op de ontwikkeling van het profiel en het aanwezige volume in het functionele deel van het profiel. Zetting speelt langs de kust geen rol, omdat doorgaans zand wordt gesuppleerd op plaatsen waar eerder ook al zand was gelegen. Dus de plaats waar wordt gesuppleerd is zeggezegd al voorbelast. Voor de zandige voorlanden in het IJsselmeergebied is dit anders en zijn er zelfs plaatsen waar zetting mogelijk van grotere invloed is op de profielontwikkeling dan de hydraulische condities, zoals langs de Noord-Hollandse kust waar een dikke veenlaag is gelegen.

De monitoring van het zandige voorland dient drie doelen. Op de eerste plaats gaat het om het toetsen of het zandvolume nodig voor het garanderen van de veiligheid aanwezig is in het profiel en of onderhoud aan dit volume nodig is. Daarnaast gaat het om het ontwikkelen van kennis aangaande de ontwikkeling van het profiel, op grond waarvan het onderhoud beter kan worden geschat en gepland. Ook het ontwikkelen van kennis aangaande de ontwikkeling van het profiel bij maatgevende condities is nodig. Op grond hiervan kan het toets protocol worden aangescherpt en het toets instrumentarium worden verbeterd en uiteindelijk ook het interventie punt voor onderhoud worden geactualiseerd.

Toetsing op veiligheid en interventiepunt

De toetsing van zandige profielen langs de kust en wadden wordt gedaan op basis van een formele leidraad. De situatie wijkt voor het Markermeer en IJsselmeer sterk af van die langs de kust, waardoor de voor de kust gebruikte leidraad niet gebruikt kan worden. De zandige versterking van de Houtribdijk wordt daarom gedaan op basis van een rekenwijzer, die aangeeft hoe het volume kan worden uitgerekend en waar dat in het profiel aanwezig moet zijn. Deze rekenwijzer moet door middel van monitoring verder worden gevalideerd, zodat uiteindelijk ook een gevalideerd toets instrumentarium kan worden ontwikkeld voor zandige voorlanden in het IJsselmeergebied.

Ook voor andere situaties aan het Markermeer en IJsselmeer geldt dat meer kennis moet worden vergaard op basis van metingen voordat voldoende duidelijk is wat de morfologische ontwikkeling van zandige voorlanden kan zijn en hoe deze zich gedragen in maatgevende situaties.

Voor de reguliere monitoring volstaat het jaarlijks meten van het profiel om de 100 meter en op kritische punten om de 50 meter vergelijkbaar met de JarKus metingen aan de kust. De metingen onder de waterlijn kunnen worden gedaan met een waterscooter met GPS, waarmee ook de profielontwikkeling in de Ecoshape pilot is gemeten. De metingen boven de waterlijn kunnen worden gedaan met een loopwagen en mogelijk ook met een drone. De kosten van deze metingen liggen initieel in de orde van 5000 Euro/km per jaar en nemen af tot orde 2500 Euro/km per jaar doordat frequentie en dichtheid aan metingen kunnen worden teruggebracht.

Interventiepunt actualiseren

Met de slijtlaag, ook wel onderhoudslaag genoemd, kan de verwachte erosie gedurende een bepaalde tijd worden toegelaten zonder dat de functie van het voorland als onderdeel van de kering in gevaar komt. Na enige tijd is zoveel zand door erosie verdwenen uit het profiel dat herstel van de slijtlaag nodig is. Dit herstel wordt in het geval van de Houtribdijk gedaan voordat ook het veiligheidsprofiel of de stormtoeslag zand dreigt te verliezen en onmiddellijk en mogelijk ook duur ingrijpen nodig wordt.

In het ontwerp van de Houtribdijk is als onderdeel van de slijtlaag ook nog een stormbuffer aangebracht. Deze stormbuffer heeft de volgende functies:

- Het is een extra buffer vanwege onzekerheden bij berekening van het benodigde volume aan slijtlaag.
- Het is een extra buffer waarmee ook een grotere storm kan worden opgevangen, die ook direct vooraf aan een maatgevende storm zich kan voordoen.

Deze stormbuffer dient in principe in stand te blijven want ze dient als extra zandvoorraad voor het geval er een grote, maar niet de maatgevende, storm optreedt. Dit voorkomt dat er meteen na een grote storm direct moet worden ingegrepen. De storm buffer heeft dus een andere functie als de stormtoeslag. De stormtoeslag dient vooral als extra volume voor verliezen als gevolg van langtransport tijdens maatgevende condities. De stormbuffer is onderdeel van de onderhoudslaag en dient vooral voor het opvangen van grotere volume verliezen als gevolg van grotere stormen.

Voor de stormbuffer is daarom een interventiepunt gelegen. Zodra dit punt is bereikt moet de slijtlaag weer worden aangevuld. In principe ligt achter het interventie punt een volume in de actieve zone dat bestaat uit:

- Het volume in de stormbuffer;
- Het volume in het veiligheidsprofiel;
- Het volume in de stormtoeslag;
- Het volume voor restzetting.

Het volume van de verschillende onderdelen wordt bij aanleg bepaald, wat resulteert in een eerste bepaling van het interventiepunt. Na aanleg dient op basis van monitoring en een verbeterd model instrumentarium dit interventiepunt opnieuw te worden bepaald. Zo kan op grond van de waargenomen zetting steeds beter worden bepaald hoe groot de zetting is, en welke invloed deze heeft op de ontwikkeling van het profiel en het volume achter het interventiepunt in de actieve zone van het profiel. De stormbuffer is een onderdeel van de slijtlaag. Het benodigde volume kan op basis van de waargenomen profielverandering ook steeds beter kan worden ingeschat.

Het aanscherpen van het volume voor het veiligheidsprofiel en de stormtoeslag is complexer en vraagt meer gegevens, niet alleen ten aanzien van de profielontwikkeling maar ook wat betreft de hydraulische condities.

Zoals aangegeven is het ontwerp gebaseerd op een rekenwijzer. Naar verloop van tijd is meer bekend over het gedrag van het zandige profiel en kan de morfologische ontwikkeling beter worden voorspeld.

De zandige versterking van de Houtribdijk is gebaseerd op een 1 in een 10.000 storm, omdat dit de vigerende eis was bij het opstellen van het ontwerp. Er is wel getoetst aan de nieuwe normering, waarbij wordt uitgegaan van een minder zware storm maar ook geactualiseerde hydraulische condities. Zodra de nieuwe normering ook wettelijk is verankerd, kan de berekening van de stormtoeslag en het volume in het veiligheidsprofiel ook op basis van de nieuwe maatgevende hydraulische condities worden gedaan. Ook de positie van het interventiepunt wordt dan opnieuw bepaald. Bij zandige profielen die zijn ontworpen op basis van de nieuwe normering is actualisatie van het

interventie punt ook nodig, maar dan alleen op basis van de nieuwste inzichten in de morfologische ontwikkeling van het profiel.

Vanwege de onzekerheden met betrekking tot de profiel ontwikkeling is in de rekenwijzer voor het bepalen van het zandige volume voor de Houtribdijk uitgegaan van een bovengrensbepaling met meerdere robuuste uitgangspunten.

Uiteindelijk dient het interventiepunt voor de Houtribdijk geactualiseerd te worden voor:

- De nieuwe normering.
- Een verbeterd modelinstrumentarium en de daarbij behorende hydraulische condities.
- Een betere bepaling van de restzetting van het profiel.
- Een betere bepaling van het onderhoud/erosie aan het profiel.
- Een betere bepaling van het grensvlak tussen ophooglaag en functionele toplaag.

Zoals aangegeven ligt achter het interventiepunt een volume dat minimaal aanwezig moet zijn zodat het zandige voorland zijn functie kan vervullen. In het geval van de HRD gaat daarbij in principe om het volume dat aanwezig is boven de NAP -1 meter lijn. Op deze hoogte in het profiel is het onderscheid gemaakt tussen de ophooglaag en de functionele toplaag, waar in principe erosie en zand transport tijdens jaargemiddelde en ook stormcondities zal plaatsvinden. Deze grens is bepaald mede op grond van de in de pilot EcoShape waargenomen ontwikkeling van een S vormig profiel met een plateau op de NAP -1 meter lijn. De hoogte van het plateau heeft te maken met de diepte waarop de golven aangrijpen. Bij veel wind is er sprake van veel windopzet en hogere golven maar lijkt de diepte waarop de golven aangrijpen vergelijkbaar aan die op momenten met minder wind, een kleinere windopzet en ook kleinere golven. Echter op dit moment is het niet duidelijk in hoeverre de hoogte van dit plateau locatie-specifiek is. Het kan zijn dat een dergelijk plateau zich op andere plaatsen langs de Houtribdijk op een iets lager of hoger niveau instelt. Ook daarmee dient bij de actualisatie van het interventiepunt en het benodigd volume achter het interventiepunt rekening te worden gehouden.

Ook voor andere zandige profielen in het IJsselmeergebied gelden voornoemde onzekerheden en het optreden van zetting na aanleg. Wel zijn naar verwachting toekomstige projecten ontworpen op basis van de nieuwe normering.

Inspanning monitoring en toetsing

Het inmeten van het zandige profiel kan op verschillende manieren worden gedaan. Bij de EcoShape pilot is het onderwatertalud gemeten met een GPS op een jetski. Het zandige profiel op de oever en boven de waterlijn is met een meet(krui)wagen met GSP bemeten. Er zijn daarbij raaien om de 20 meter gezet. Er zijn ook mogelijkheden om het zandige profiel boven de waterlijn met een drone te meten. De zetbakens worden handmatig afgelezen.

Bij zandige voorlanden kan onderscheid worden gemaakt naar trajectdelen waar men weinig of juist veel morfologische ontwikkeling verwacht, zoals op knikpunten van de dijk, waar zandbuffers worden aangebracht e.d. Op deze knikpunten worden initieel ook meer raaien bemeten. In de rekenwijzer voor de HRD wordt uitgegaan van raaien om de 25 meter op begin-eind en knikpunten met naar verwachting veel zandtransport en raaien om de 50 meter op de langere trajecten. De raaiafstand is daarmee kleiner dan de 100 meter die aan de kust wordt aangehouden. De reden hiervoor is de nog ongewisse morfologische ontwikkeling van de profielen, maar ook het bescheiden volume dat in de profielen boven NAP -1 meter aanwezig is. Naar verwachting kan enige tijd na aanleg de raaiafstand worden vergroot tot 100 meter, met uitzondering van kritische secties.

De kosten bedragen in de orde van 200 Euro/raai, ofwel 4000 Euro/km bij raaien om de 50 meter en 2000 Euro/km bij raaien om de 100 meter. In de fase direct na aanleg kan het beste 4 maal per jaar, gevolgd door 2 maal per jaar worden bemeten, totdat er herkenbaar een evenwichtsprofiel is ontstaan. Op kritische plaatsen, waar bijvoorbeeld de ontwikkelingen sneller verlopen of een onduidelijk verloop kennen, kan men langer een hogere meetfrequentie aan te houden. De kosten nemen af als met een drone kan worden gevlogen.

4.4.2 Onderhoud zandige profiel met suppleties

Naar verwachting zijn de kosten van suppletie de grootste onderhoudspost voor zandige voorlanden, tenminste als er ook enige erosie optreedt.

De kosten van zandsuppletie hangen sterk af van de wijze van aanbrengen en het volume dat moet worden aangebracht. Bij de aanleg van een zandig voorland wordt gewerkt met grote volumes en kan bijvoorbeeld bij de versterking van de Houtribdijk worden beschikt over een eigen put op korte afstand van de dijk. De (totale) kosten per m³ aangebracht zand zijn daarom laag, orde 3 Euro/m³, waarbij orde 1/3 van de kosten voor rekening komt voor het verplaatsen van de Holocene deklaag.

Bij onderhoud wordt veel minder zand aangebracht. Als gekeken wordt naar de verwachte omvang van de slijtlaag dan moet gedacht worden aan onderhoudssuppleties in de orde van 10 tot 20 m³/meter. De kosten per m³ liggen dan aanzienlijk hoger. Er moet namelijk voor veel kleinere volumes wel veel materieel worden gemobiliseerd en er moet ook over een grote (leiding) lengte zand in profiel worden aangebracht. Ook is de vraag of de eerder gebruikte putten wel direct gebruikt kunnen worden vanwege slibafzetting of dat zand uit lopende commerciële winningen van verder moet worden aangevoerd. De (totale) kosten kunnen dan oplopen tot orde 10 -15 Euro/m³ en meer. In theorie kunnen de kosten per m³ kleiner zijn als zand kan worden weggezogen van de plaatsen waar het door erosie van het profiel is beland, zoals op dieper water of voor opsluitdammen. De mogelijkheden hiertoe zijn per situatie verschillend, waarbij ook de opgetreden natuurontwikkelingen beperkingen kunnen opleggen.

Het is daarom ook zinvol om bij aanleg van het profiel, meteen ook een flinke slijtlaag aan te brengen, waardoor onderhoud kan worden uitgesteld. Echter het aanbrengen van een flinke slijtlaag gaat ook weer gepaard met het naar buiten leggen van de oeverlijn, waardoor ook veel zand onder de actieve zone moet worden aangebracht. Dit betekent dat een bredere slijtlaag maar voor een deel ook actief zand kan leveren. Als daarbij ook nog zetting optreedt, is het mogelijk dat van elke 3 m³ die in een zandbuffer wordt aangebracht uiteindelijk maar 1 m³ ook daadwerkelijk bijdraagt aan de instandhouding van het profiel.

De moeilijk te voorspellen morfologische ontwikkeling van de zandige oever kan er toe leiden dat in eerste instantie alleen plaatselijk onderhoud nodig is, en dus tegen hoge kosten. Immers er zijn altijd plaatsen waar de erosie net wat harder gaat dan vooraf werd geschat. In dat geval is het waarschijnlijk handig om nabij gelegen secties die op afzienbare tijd ook aanvulling behoeven, meteen ook mee te nemen omdat daarmee de kosten per m³ nog flink kunnen zakken. Want hoe groter het volume dat wordt aangebracht, hoe lager de kosten per m³, want de "voorrijkosten", zoals het mobiliseren van het materieel, moeten toch worden gemaakt.

De erosie treedt in hoofdzaak op in de slijtlaag welke in een begrensde zone om de waterlijn in het profiel wordt aangebracht. Op basis van metingen aan de EcoShape-pilot is voor de versterking van de Houtribdijk ervoor gekozen om de slijtlaag boven de NAP-1 maan te leggen. Naar verwachting ontstaat door de erosie een plateau op ongeveer NAP-1 m. Bij onderhoud wordt in eerste instantie ook op dit plateau weer zand aangebracht, behalve als nog mocht blijken dat de breedte van dit plateau van grote invloed is op de stabilisatie van het profiel. Of dat het geval kan zijn moet nog in de praktijk blijken. In dat geval lijkt het nuttiger om wat hoger op het profiel zand aan te leggen.

Een andere mogelijkheid om de erosie te beperken is het aanbrengen van zand met een grotere korrel. In de EcoShape pilot wordt nog aanvullende onderzoek gedaan om te zien of de aanrijking van grover zand op de waterlijn ook kan leiden tot stabilisatie van het (dwars)profiel. Als dat zo mocht zijn dan is er bij aanleg en ook bij onderhoud een voorkeur voor het gericht aanbrengen van een grof zand op de waterlijn. Aan de kust wordt vaak gewerkt met zand dat niet zo grof is en nog steeds kan stuiven, waardoor natuurlijke duinontwikkeling mogelijk blijft. Aan de oevers van het IJsselmeer en Markermeer is duinvorming niet aan de orde en kan ook zand met een grotere fractie worden gebruikt.

Het plateau dat door erosie ontstaat heeft maar een zeer geringe waterdiepte, in de winter slechts 0,6 meter en in de zomer 0,8 meter. Deze waterdiepte is waarschijnlijk niet voldoende voor het aanbrengen van zand met een sproeiponton, wat in principe de voorkeur heeft, omdat men daarmee het makkelijkste zand kan aanbrengen, zonder dat men de oever en het talud hoeft te betreden. Met een sproeiponton kan wel aan de rand van het plateau zand worden aangebracht. Het is echter nog niet duidelijk of daarmee de slijtlaag kan worden gevoed. Uit metingen

in de EcoShape-pilot blijkt namelijk dat parallel aan het profiel een windgedreven stroming optreedt die verantwoordelijk is voor een deel van het zandtransport.

In de zomer moet rekening worden gehouden met verstoring van natuurwaarden, die gebonden zijn aan waterplantvelden, zoals die achter luwtedammen aanwezig zullen zijn. In de winter speelt verstoring van overwinterende vogels een rol en in het najaar van ruiende vogels. Al met al is het aantal maanden waarin gewerkt kan worden beperkt, maar voldoende omdat bij onderhoud ook maar kleinere volumes hoeven te worden aangebracht.

In de slijtlaag is ook een stormbuffer aanwezig die er voor moet zorgen dat veiligheidsprofiel en stormtoeslag alleen in geval van uitzonderlijke stormen ook zand verliezen en moeten worden hersteld. Voor herstel van de stormbuffer en ook voor de stormtoeslag moet zand hoger in het profiel worden aangebracht. Dit kan met een landleiding en door zand te persen. Echter in het geval het om kleinere hoeveelheden gaat, kan zand ook vanaf de weg met een vrachtwagen worden aangevoerd en dan met een kraan in profiel worden gebracht. Ook in dit geval moet rekening worden gehouden met hoge kosten per m³, vanwege de vele werkhandelingen die nodig zijn (zoals winnen in winput, transport naar wal, overzetten op vrachtauto, aanbrengen met kraan). De kosten belopen ook in dit geval mogelijk orde 10 Euro/m³ of meer. De toegankelijkheid van het profiel speelt in dit geval een grote rol. Bij aanbrengen van zand hoog in het profiel kan het zijn dat ook weer maatregelen moeten worden getroffen om verstuing tegen te gaan en om het vegetatiedek te herstellen.

De onderhoudskosten hangen natuurlijk ook sterk af van de omvang van de erosie. Anders dan langs de kust kan een strand langs het Markermeer en IJsselmeer zich niet herstellen na een storm. De erosie van het profiel leidt tot verliezen van zand naar dieper water die moeten worden gecompenseerd. De erosie is de eerste jaren na aanleg groter omdat het profiel zich nog ontwikkelt naar een dynamisch evenwichtsprofiel. Het zand dat hiervoor nodig is, is onderdeel van de aanleg. Na het instellen van het dynamisch evenwichtsprofiel treedt erosie op afhankelijk van de oriëntatie van het traject op de golven. Voor de EcoShape-pilot, die verhoudingsgewijs gunstig op het golfveld is gelegen, ligt de erosie na stabilisatie van het profiel op orde 1 tot 2 m³/m per jaar. Dit kan mogelijk worden beschouwd als een ondergrens voor profielen die niet begroeid raken. Voor de profielen achter een luwtedam zal de erosie nadat oevervegetatie zich heeft kunnen ontwikkelen kleiner zijn. Profielen die ongunstiger zijn gelegen kunnen meer erosie laten zien. Op plaatsen die sterk worden aangevallen en ook bol gekromd zijn, is de erosie plaatselijk veel groter. Bij een vergelijking tussen een conventionele versterking en een harde versterking gaat het om een vergelijking over langere trajecten. De meest problematische trajecten, met potentieel veel erosie, zullen ook bij de inzet van een zandig voorland, veelal worden afgeschermd door een luwtedam of plaatselijk harde bekleding. Een voorbeeld hiervan is Marker Wadden, waar op de "hoekpunten" is gekozen voor een bescherming met breuksteen. De verwachte onderhoudskosten vanwege suppleties, kunnen daarom in de meeste gevallen uitgaan van 1 tot 2 m³/m³/jaar.

Onderhoud	Kosten	Frequentie en volume
Slijtlaag, aanbrengen van zand	Met sproeiponton op onderwaterplateau: Kosten: 3 Euro/m ³ (grotere volumes direct aanbrengen) tot 15 Euro/m ³ (kleinere volumes en van elders) Met landleiding in de oeverzone: Kosten 3 Euro/m ³ (grotere volumes direct aanbrengen) tot 15 Euro/m ³ (kleinere volumes en van elders)	Regulier 1/10 jaar en 2 tot 30 m ³ per meter. Volume hangt af van locatie.
Stormtoeslag, aanbrengen van zand	Met vrachtwagen en kraan in profiel: Kosten 10 Euro/m ³ Kosten 6 tot 10 Euro/m ³	Incidenteel en afhankelijk van storm event, minder dan 20 m ³ /meter
Veiligheidsprofiel, aanbrengen van zand	Met vrachtwagen en kraan in profiel: Kosten 10-20 Euro/m ³ Of met landleiding	Incidenteel en afhankelijk van storm-event

Tabel 4.3 Kostenindicatie vernieuwen slijtlaag en profiel.

4.5 Overzicht beheer- en onderhoudskosten

Als alle beheer- en onderhoudsaspecten worden samengenomen dan ontstaat het volgende beeld:

- De kosten voor onderhoud van het zandige talud zijn in het geval beperkte erosie optreedt de belangrijkste kostenpost, mede vanwege de verhoudingsgewijs dure m³ prijs in geval van het aanbrengen van kleinere volumes.
- Het maaien van een rietkraag kan een grote kosten post zijn. Echter waterriet hoeft vrijwel niet gemaaid en voor het landriet is een extensief, 1 maal per 2 a 3 jaar maaien, voldoende.
- De combinatie met een vooroeverdam en rietkraag is in potentie beheer-arder dan een open strand, maar dit hangt ook mede af van het golfklimaat en de onderhoudskosten die ook voor een vooroeverdam moeten worden gemaakt.
- De beheer- en onderhoudskosten van een zandig voorland oplossing zijn vergelijkbaar met die van een conventionele dijk ingeval van extensief beheer. Op trajecten met wat meer erosie zijn de beheerskosten hoger. Wel kan het zijn dat een net nieuw aangelegde asfalt-overlaging verhoudingsgewijs weinig onderhoud vraagt en daarom lagere onderhoudskosten heeft. Een zandig voorland dat ongunstig gelegen is, brengt meer onderhoud met zich mee en zal hogere beheer- en onderhoudskosten hebben.
- De beheer en onderhoudskosten maken, wanneer gekapitaliseerd over een periode van 20 jaar, tot orde 25% van de totale aanlegkosten uit. Het verschil in de gekapitaliseerde beheer- en onderhoudskosten tussen een conventionele dijk en een met een zandig voorland is echter beperkt en in de meeste gevallen niet doorslaggevend voor het verschil in totale investeringen. Dit is evenwel niet het geval op trajecten waar veel erosie op kan treden. Hier zijn de potentiële onderhoudskosten zo groot, dat aanvullende maatregelen, zoals een vooroeverdam, of een harde oplossing eerder voor de hand liggen.

Profielvorm																					
	hoogte kruin boven peil	7 [mtr NAP]																			
	taludhelling hard profiel	3 [‰]																			
	taludhelling zandig profiel	30 [‰]																			
	aansluithoogte zacht profiel	2,5 [mtr NAP]																			
	aansluithoogte teenbestorting	0,5 [mtr NAP]																			
	grens riet en talud	0,5 [mtr NAP]																			
Beheer en onderhoud																Variant 1	Variant 2	Variant 3	Variant 4	Variant 5	Variant 6
		steen kosten Euro/m2, jaar	asfalt kosten Euro/m2, jaar	1 maal per jaar	2 maal per jaar	1 maal per 3 jaar	Euro/m3 mini maal	Euro/m3 maxi maal	opper vlak m2/m	erosie m3/m/jaar minimaal	erosie m3/m, jaar maximaal	extensief maaien, rietkraag 30 meter	extensief maaien, rietkraag 10 meter	beperkte erosie, geen rietkraag	erosie, geen rietkraag	dijk met vooroever dam	asfalt zonder vooroever dam				
stenen	talud waterlijn-aansluithoogte	0,2	0,1						6			0	0	0	0	1,2	0,6				
stenen	talud boven aansluithoogte	0,2	0,1						13,5			0	0	0	0	2,7	1,35				
stenen	teenbestorting	0,2	0,1									0	0	0	0	6	6				
stenen	vooroeverdam (per m/jaar)	3										3	3	0	0	3	0				
vegetatie	zandig talud boven waterlijn			0,045	0,09	0,023			60			1,35	1,35	2,7	2,7	0	0				
vegetatie	vegetatietalud boven aansluithoogte			0,045	0,09	0,023			13,5			0,6	0,6	0,6	0,6	0	0				
vegetatie	oever riet			0,08		0,05			15			0,75	0,25	0	0	0	0				
vegetatie	oever waterriet			0,05		0,02			15			0,3	0,1	0	0	0	0				
vegetatie	watervegetatie											0	0	0	0	0	0				
zand	talud boven waterlijn						6	15		0,1	0,2	1,5	1,5	1,5	3	0	0				
zand	vooroever						3	10		0,2	2	2	2	10	20	0	0				
Totaal Euro/m												10	9	15	26	13	8				
Totaal Euro/1000 meter												9507,5	8807,5	14807,5	26308	12900	7950				
inspectie (Euro/km)												450	450	450	450	450	450				
handhaving (Euro/km)												450	450	450	450	450	450				
bestrijding plaagsoorten (Euro/km)												950	950	950	950	950	475				
monitoring zandig profiel (Euro/km)												2500	2500	2500	2500						
Totaal jaarlijkse kosten (Euro/km)												13857,5	13157,5	19157,5	30658	14750	9325				
Gekapitaliseerd per meter												222	211	307	491	236	149				

Tabel 4.4 Indicatieve jaarlijkse kosten voor onderhoud en beheer van zandige voorlanden, waarbij is gekeken naar varianten achter een vooroeverdam met rietkragen van 30 en 10 meter, een variant met een open strand en zonder rietkraag en een dijk met teenbestorting en een steenbekleding en een met een asfalt overlaging. De kosten zijn jaarlijks en gekapitaliseerd over een periode van 20 jaar met een discontovoet van 3%. De kostenkanten voor het onderhoud van de teenbestorting en de vooroeverdam zijn onzeker. Veel kosten zijn plaatselijk. De tabel heeft vooral betrekking op locaties vergelijkbaar aan die langs de met zand versterkte Houtribdijk voorkomen.

Bij het bovenstaande moet nog opgemerkt worden dat de kosten voor het onderhoud van de teenbestorting vaak moeilijk zijn aan te geven. Het onderhoud kan zeer gering zijn in het geval van een stabiel talud dat niet te maken krijgt met zware ijsgang. Op de teenbestorting voor de Houtribdijk is meermaals breuksteen bijgestort. Dit heeft te maken met ijsgang maar ook omdat de steenbestorting steiler werd waarschijnlijk door een combinatie van zetting en ondermijning door golven. Na versterking is de teenbestorting flauwer en wordt deze doorgezet met plaatselijk ook een zwaardere steensortering. In dit geval zijn de onderhoudskosten waarschijnlijk beperkt. Vooral situaties met zware ijsgang leiden dan tot onderhoud. Dit betekent ook dat in de vergelijking op onderhouds- en

beheerskosten met een zandig voorland de toestand van steenbekleding en teenbestorting na versterking doorslaggevend kan zijn.

Eenzelfde bandbreedte geldt ook voor de vooroeverdammen als onderdeel van een zandige voorlandoplossing. Het onderhoud hangt hierbij af van de robuustheid en functie van deze dam. In het geval van de Houtribdijk hebben de vooroeverdammen vooral een functie wat betreft het beperken van onderhoud en het geven van voldoende golfwvte voor de ontwikkeling van (water en oever) vegetatie. Als de dammen robuust gebouwd worden, is het onderhoud kleiner, maar zijn de investeringskosten weer hoger. Voor het functioneren als luwtedam is ook minder rigoureu onderhoud nodig, omdat enige schade niet direct consequenties heeft voor het functioneren van het achtergelegen zandig voorland als onderdeel van de primaire kering.

5 Algemene nabeschuwing

5.1 Kennisleemtes bij B&O van begroeide voorlanden

5.1.1 Langjarige ontwikkelingen

Een belangrijk concept van een zandig begroeid voorland is dat deze is aangelegd met een slijtlaag voor meerdere jaren, zodat erosie van het talud niet jaarlijks hoeft worden aangevuld, maar dat het aanvullen van het zandpakket slechts periodiek (bijvoorbeeld om de 10-15 jaar) gebeurt. Vegetatie op het talud heeft een belangrijke functie om het stuiven van dit zandpakket tegen te gaan. Er is echter nog weinig zicht op hoe het talud zich in de tussentijd ontwikkelt, mede in relatie tot het beheer van de vegetatie op dit talud en een al dan niet aangelegde leeflaag om vegetatieontwikkeling te bespoedigen. In feite zijn er door het grote zandvolume en de keuze van het wel of niet meenemen van een leeflaag in het ontwerp meer vrijheidsgraden in beheer van de vegetatie te onderscheiden. Deze robuustheid maakt het mogelijk meer ruimte te bieden aan nevenfuncties, maar levert ook onzekerheden als gevolg van een gebrek aan ervaring met dit soort systemen.

Biodiversiteitsdoelstellingen kunnen worden meegenomen in de keuze voor het vegetatiebeheer. Meerwaarde voor natuur is een aspect van het vegetatiebeheer dat beslist of er wordt gekozen voor bijv. een bloemrijke-dijk-aanpak van het vegetatiebeheer, een 'griend-benadering' of een spontane ontwikkeling met mogelijke verruiging. Al deze verschillende vegetatiebeheerstrategieën leveren hun eigen meerwaarde in termen van bijv. biodiversiteit en ecologische robuustheid van het totale ecosysteem. Er is nog weinig ervaring met de juridische aspecten van tegenstrijdige functiebelangen: hoe kan een biodiversiteitsdoelstelling worden nagestreefd, wanneer de hoofdfunctie van het zandlichaam een waterveiligheidsfunctie betreft. Bijvoorbeeld: Mag er nog worden gesuppleerd als er unieke, beschermde doelsoorten worden aangetroffen?

5.1.2 Noodzaak voor groot onderhoud en implicatie van keuzes in aanleg en beheer

Wanneer er na een grote storm profiel is weggeslagen, zal ook de onderwatervegetatie grotendeels verdwenen zijn, en moet deze zich uit zaadbank weer hervestigen. Het is onbekend in hoeverre nieuwe suppleties ook over zo'n zaadbank beschikken en of er moet worden nagedacht over mogelijk transplanteren van de toplaag van het sediment voordat een suppletie onderwater wordt uitgevoerd.

Als er riet in de oeverzone staat en er moet hier een nieuwe laag zand worden toegevoegd, dan zal het riet hierdoor kunnen verdwijnen, afhankelijk van de laagdikte en werkwijze (bijv. mechanische beschadiging worteldek). Het is onbekend hoe sterk de groeikracht van een volwassen rietkraag is om boven een nieuw aangebrachte laag zand uit te komen in dit soort situaties en in hoeverre seizoenen afhankelijkheid hierbij een rol speelt. We gaan er vanuit dat de toevoeging van 50 cm zand in de winterperiode acceptabel is, maar dat het voor riet niet meer mogelijk is om boven meer dan 0,5-1,0 m nieuw zand uit te groeien of wanneer een suppletie in het zomerseizoen gebeurt. Het aanbrengen van een leeflaag is duurder, maar kan ook noodzakelijk zijn om er voor te zorgen dat ook op de droge delen van het talud de vegetatie voldoende snel tot ontwikkeling komt, zodat verstuiving van zand kan worden tegengegaan. De pilot Houtribdijk laat bovendien zien dat enkel het bijmengen van klei de verstuiving al tegengaat, zonder dat zich vegetatie heeft kunnen vestigen. De leeflaag is dan deels ook een antistuiflaag, maar niet elke antistuiflaag is ook een leeflaag. Zo kan men verstuiving ook tegengaan door het aanbrengen van een hydrogel met zaden. Het is onbekend of dit soort alternatieve leeflagen op termijn ook voldoende houvast bieden voor een voldoende dicht vegetatiedek. Als het grondwater zomers niet te diep wegzakt, ontwikkelt zich op termijn sowieso een vrijwel gesloten vegetatie ook zonder leeflaag (zie bijvoorbeeld Voorland Stichtse Brug). Dit kan enkele jaren duren.

Uiteindelijk is het onderhoud aan de slijtlaag dus een trade-off tussen wijze van aanleg versus B&O. De keuze voor de invulling van zowel de slijtlaag als de leeflaag wordt in de ontwerpfase voor een nieuw aan te leggen zandig voorland al genomen, met implicaties voor kansen voor vegetatieontwikkeling en B&O van het zandlichaam en de vegetatie op de lange termijn. Deze keuzes hebben ook een impact op de kosten en baten op de totale levensduur

van de oplossing. Het aanbrengen van een leeflaag en het stimuleren van rietontwikkeling in de oeverzone helpt een stabielere en minder erodeerbare vegetatie zich te laten ontwikkelen, die de noodzaak op groot onderhoud kan verminderen. Het aanbrengen van deze leeflaag is iets duurder in de aanlegfase, maar reduceert kosten op de totale levensduur.

5.1.3 Events

Een kering moet een extreme omstandigheid aankunnen. Daarnaast krijgt een kering ook 'normale' of 'jaarlijkse' stormcondities te verwerken. Deze jaarlijkse of meer-jaarlijkse stormen zijn weliswaar kleiner dan een extreme event, maar kunnen wel schade veroorzaken aan het zandlichaam en de vegetatie daarop.

Veelal is de schade van dit soort kleinere events te overzien, en zal door regulier onderhoud het risico op falen afdoende kunnen worden gewaarborgd. Iets uitzonderlijke situaties, bijvoorbeeld een 1:50 storm of 1:100 storm kan wel degelijk schade doen optreden die substantieel is. Zeker het herstel van vegetatie zal na zo'n event even kunnen duren. Over het algemeen geldt dat riet- en gras gedomineerde vegetatietypen die moet hergroeien vanuit een beschadigd, maar aanwezig wortelstel binnen 2 jaar hersteld zijn van een beschadiging. Voor houtige gewassen kan deze periode tot 4 jaar oplopen, afhankelijk van de schade.

In het geval vegetatie een veiligheidsfunctie vervult, zijn er twee situaties mogelijk:

- Of de vegetatie is standvastig genoeg om ook te blijven staan en te functioneren tijdens maatgevende condities, in welk geval ze er ook nog staat na een zware storm.
- Of de vegetatie is niet standvastig genoeg om te blijven staan bij een zware storm en kan daarom ook geen rol spelen tijdens maatgevende condities.

Als we de oevers van bestaande grote meren (bijvoorbeeld Peipsi en Balaton) bekijken, blijkt dat rietkragen in staat zijn zachte oevers zonder noemenswaardig onderhoud voor langere tijd vast te leggen, en dat deze rietkragen zich goed te kunnen herstellen van events zoals kruiend ijs, doordat vaak het wortelpakket voldoende in tact blijft. Het is echter niet bekend of in deze referentiemeren ook vergelijkbare extreme stormcondities als in Nederland kunnen optreden, en of die zich de afgelopen 100 jaar hebben voorgedaan. Hierdoor blijft ook het gedrag, en dus de standvastigheid van de vegetatie onder maatgevende condities onbekend.

Het belangrijkste aspect van schade na een event is de snelheid waarmee een beschadigde vooroever zich weer zal herstellen of hersteld kan worden, zodat deze op orde is voor er een volgend event overheen komt. Hierbij spelen vragen zoals 'hoeveel tijd accepteer je voor herstel? Wat is het risico op heftige stormen direct na een eerder event?' en maakt het uit op welk tijdstip in het jaar een event optreedt? Bijv.: hebben stormen in voorjaar/zomer eenzelfde effect op de vegetatie als stormen in de winter?

Er zijn duidelijk nog kennisleemtes op dit gebied die in deze guideline niet beantwoord kunnen worden. Bijv. wat is de minimale omvang/grootte van de zachte vooroever, aan zand en aan vegetatie, als je kansen op schade door multiple events zou beschouwen. (dat is ook de reden dat er in het ontwerp van de HRD een stormbuffer in de slijtlaag zit en de stormtoeslag uitgaat van een verdubbeling van wat voor een maatgevende storm is uitgerekend).

5.2 Governance aspecten van B&O

Governance aspecten van het B&O van zachte keringen is nieuw en kan op sommige onderdelen dusdanig anders zijn dan het reguliere beheer en onderhoud van dijken als een belemmering kan worden ervaren, die de implementatie van zachte voorlanden belemmert. Onduidelijkheden met betrekking tot juridische aspecten en wetregelgeving, verantwoordelijkheden bij meerdere betrokken partijen en financiële aspecten van het B&O kunnen door dialoog worden verkleind. We zullen in dit hoofdstuk ook enkele voorbeelden geven die laten zien dat het bewust omgaan met deze dialoog helpt bij het opstellen van een gedegen B&O.

5.2.1 Multiparty challenges

Bestaande voorlanden zijn vaak in beheer bij landschaps-/natuurbeherende organisaties of bij particulieren. Nieuw aan te leggen voorlanden zullen ook door een terreinbeheerder moeten worden beheerd, wanneer de grond niet in eigendom is van de waterkeringbeheerder.

Als een voorland een waterkerende functie wordt toegekend, zal de kering beheerder dus in dialoog met de terrein beherende instantie afspraken moeten maken over de eisen die aan het voorland worden gesteld vanuit een waterkerende functie. Er moet bijv. een bepaald volume aan grond aanwezig zijn of een specifiek type vegetatie worden nagestreefd. Belangrijk hierbij is de definitiekwestie rond beheer en bepaling van verantwoordelijkheden per partij: bijvoorbeeld: de waterkeringbeheerder (waterschap/RWS) beheert ook waterkeringen die niet in eigendom zijn (maar wel als waterstaatswerk in de legger staan). En voert passief beheer over de beschermingszones.

De centrale vraag is dan ook of het voorland in de legger zit en dus waterstaatswerk (dijk) is of dat het een stukje land is dat toevallig een waterkerend effect heeft. In hoeverre kan de waterkeringbeheerder dat afdwingen omdat het waterkering is? Of zijn het 'vrijwillige' afspraken? Binnen de POV voorlanden is dit aspect verder uitgewerkt in de handreiking voorlanden.

5.2.2 Bestuurlijk mandaat en verantwoordelijkheden per partij

Voor keringbeheerders is het hoofddoel van een voorland gedefinieerd vanuit waterveiligheid: de dijk is van de beheerder (waterschap) en het voorland moet dus als zodanig ook een veiligheidsfunctie gaan vervullen. Wanneer er vanuit het bestuur een strak mandaat wordt afgegeven naar de beheerder, waarin alleen waterveiligheid een functie is die moet worden behouden, kan dit ten koste gaan van mogelijke win-win met natuur en recreatie of tot conflicten leiden tussen partijen, die voor andere onderdelen van de verantwoordelijke overheden van belang zijn. Het is dan ook noodzakelijk al bij het ontwerp afspraken gemaakt worden over vragen zoals: 'Wie betaalt mee aan andere functies? En wie is verantwoordelijk voor welke aspecten van het beheer?'

Wanneer de waterkeringbeheerder vanuit het bestuurlijk mandaat voldoende ruimte krijgt om invulling te geven aan andere functies (bijv. het versterken van natuurwaarden, zonder dat dit de waterveiligheid negatief beïnvloedt), kan er een multifunctionele kering ontstaan/worden beheerd, die meerdere doelen dient. Wel moet al bij het ontwerp en de aanleg zorg worden gedragen voor:

- Voldoende ruimte en robuustheid binnen het profiel, zodat behoud van veiligheid minder snel tot ingrijpen leidt dat negatief kan zijn voor recreatie en natuur.
- Duidelijke afspraken tussen partijen over doelen, wensen ten aanzien van beheer en afspraken over hoe men handelt in het geval conflictsituaties zich kunnen voordoen.

Van belang bij deze afweging en keuze is of er sterkte wordt toegekend aan het voorland en of een zacht voorland breder maatschappelijk kan functioneren, dankzij een ruimer bestuurlijk mandaat.

5.3 Meekoppelkansen

Een zandig voorland kan naast een functie voor veiligheid ook nog andere functies vervullen. In veel gevallen spreekt men dan van 'meekoppelkansen'. Deze discussie gaat breder dan beheer en onderhoud allen en is vooral een keuze (en goede functieanalyse / belangenafweging) bij ontwerp en aanleg. Omdat deze keuzes van groot belang zijn voor het uiteindelijke beheer- en onderhoudsplan, schenken wij in deze paragraaf wel extra aandacht aan het concept van meekoppelkansen.

5.3.1 Kansen voor koppelen met natuurontwikkeling

Meekoppelkansen voor natuurontwikkeling op nieuwe zandige voorlanden zijn goed mogelijk. Zo vormt een zandig talud een meer natuurlijke land-water overgang, die langs de bedijkte oevers van IJsselmeer en Markermeer goeddeels ontbreekt. Bij beperkte golfval kan op het voorland onderwater- en oevervegetatie worden verwacht. Echter de golfcondities zijn op vele plaatsen langs het IJsselmeer en Markermeer zodanig zwaar dat oevervegetatie

en watervegetatie alleen tot ontwikkeling zullen kunnen komen achter een luwte dam. Langs de Friese IJsselmeerkust komt onderwatervegetatie en rietvegetatie voor zonder dat sprake is van een vooroeverdam. Hier is echter sprake van een zeer breed ondiep voorland, dat is ontstaan uit de voor de afsluiting al aanwezige kwelders, dat voor voldoende luwte zorgt. De eerste honderd meters of meer van deze ondiepten zijn nog steeds onbegroeid, vanwege een te hoge substraaddynamiek. De zandige voorlanden zoals die voor veiligheid worden gerealiseerd, zullen nooit deze breedten bereiken.

Bij een zandige versterking kunnen volgende koppelkansen worden onderscheiden die bijdragen aan natuurontwikkeling in de vorm van land-water overgangen:

- Het zandige talud van het voorland vormt al een goede basis voor de ontwikkeling van water- en oevervegetatie. Er kan sprake zijn van eventuele meerkosten zoals in de vorm van een luwtedam of enige profiel aanpassing.
- Als tijdens versterkingswerken ook ondiepten en eventuele dammen voor natuurontwikkeling worden aangelegd en gecontracteerd, dan zijn de kosten daarvan lager, dan als hiervoor een zelfstandig project moet worden opgezet. Dit komt omdat veel indirecte kosten, zoals voor voorbereiding, onderzoek, vergunningverlening en ook contractering, gedeeld worden met de versterking.
- Als tijdens de aanleg op korte afstand zand en Holocene grond worden gewonnen leidt dat tot aanzienlijke kostenbesparingen bij de aanleg van ondiepten voor natuurontwikkeling. Het Holocene materiaal dat vrijkomt, kan tegen beperkte extra kosten voor natuurontwikkeling worden ingezet, in plaats van dat dit materiaal wordt omgeput. Voorwaarde is wel dat de natuurontwikkeling op korte afstand van de winput plaats vindt.
- Bij versterking van een dijk kunnen stenen vrijkomen die gebruikt kunnen worden om de nodige luwtedammen aan te leggen. Of stenen vrijkomen is per geval verschillend. Zo kunnen de stenen van de teenbestorting vrijkomen als de teen van de dijk met zand wordt afgedekt, omdat de stenen in dit geval hun functie verliezen. Als profielaanpassingen nodig zijn voor de dijk kan het zijn dat de huidige steenbekleding vrij kan komen, als deze niet hergebruikt kan worden. Hergebruik kan ook beperkt zijn, bijvoorbeeld omdat de huidige bekleding daarvoor niet geschikt is, zoals waterasfaltbeton, of omdat overlagen met asfalt goedkoper is als men de steenbekleding laat zitten.

Van de voornoemde koppelkansen geeft een winput op korte afstand de meeste mogelijkheden, maar alleen als voor de aanleg van een zandig voorland een winput wordt gemaakt, waaruit Holocene materiaal vrijkomt dat kan worden ingezet voor natuurontwikkeling. Een winput op korte afstand is echter niet altijd mogelijk, als:

- Als sprake is van kleinere volumes zand die nodig zijn, waardoor lokaal gewonnen m3 zand alsnog duurder zijn dan van elders uit een commerciële exploitatie aangevoerde m3 zand. Projecten waarbij zandige voorlanden worden aangelegd moeten dus een minimale omvang en een minimaal volume hebben, om kostentechnisch ook aantrekkelijk te zijn.
- Als de ontgrondingsvergunning niet op tijd wordt geregeld. Winnen is alleen mogelijk met vergunning en voor de onderbouwing en het verkrijgen van een vergunning is veel tijd gemoeid. De mogelijkheden om een eigen put in te zetten moet daarom ook vroeg in het plantraject al worden verkend.
- Als beleidsmatig geen ontgrondingsvergunning kan worden verleend. Zo kon voor de versterking van de Houtribdijk geen ontgrondingsvergunning worden verkregen voor de IJsselmeerzijde van de Houtribdijk. Een reden was dat voor het IJsselmeer een TBES achtig kader ontbreekt, wat wel de multifunctionele inzet van een put aan de Markermeerzijde mogelijk maakte.
- Als de ondergrond een ongunstige opbouw kent. Ongunstig kan zijn dat er verhoudingsgewijs veel Holocene moet worden verplaatst, of dat het aanwezige zand in de ondergrond te fijn is om ingezet te kunnen worden voor een zandig voorland. Ook kan het zijn dat er sprake is van stoorlagen die een efficiënte winning bemoeilijken, of van archeologische waarden, die een beperking opleggen aan de omvang van de winput.

Wat betreft het vrijkomen en inzetten van stenen is het ook zaak om de win-win die dat kan hebben voor natuurontwikkeling zo vroeg mogelijk te onderkennen. De eventuele meerkosten die hergebruik met zich meebrengen kunnen mogelijk vanuit een ander potje, voor natuurontwikkeling of KRW, worden gefinancierd, waardoor men per saldo toch goedkoper uit is. Dus ook hiervoor geldt dat deze mogelijkheid voor mee koppelen vroegtijdig moet worden verkend, wat betekent dat ook desbetreffende stakeholders daarbij vroeg aan tafel worden

gevraagd. Dit gaat beter als een versterkingsproject naast een veiligheidsdoel ook andere maatschappelijke doelen kent.

Mee koppelen kan tot grote besparingen leiden voor natuurontwikkeling vooral in de vorm van vermeden kosten. Dat er sprake is van besparingen is duidelijker als ook sprake is van concrete budgetten voor natuurontwikkeling, zoals voor de ontwikkeling van land-water overgangen.

5.3.2 Kansen voor koppelen met recreatie

Een zandig voorland heeft bij voldoende golfinvloed het karakter van een strand en kan daarom ook in potentie een functie vervullen als recreatiestrand. Een functie als recreatiestrand stelt echter wel voorwaarden zoals:

- Ontsluiting: een recreatiestrand kan alleen deze functie vervullen als ze goed bereikbaar is met de fiets maar vaker toch ook met de auto. Dit vraagt de integratie van wegen en parkeerplaatsen en dus ook om het vroegtijdig meenemen van een mogelijke recreatiefunctie in het ontwerp.
- Verenigbaar: een punt van aandacht is de verstoring die van recreatie uit kan gaan. Deze is beperkt als recreanten op het strand (ver)blijven, maar groot als bijvoorbeeld vanaf het strand ook wordt gesurft, bijvoorbeeld met een kite. Op veel plaatsen langs het IJsselmeer vormen de randen een belangrijk rust- en foerageergebied voor vogels vanwege golfwte en ondiepten met waterplanten en mosselen.
- Verantwoordelijkheden: natuur en ook recreatie zijn functies die ook beheer en onderhoud met zich meebrengen. Ze behoren standaard ook niet tot het mandaat van de dijkbeheerder. Er zullen dus afspraken moeten worden gemaakt over het beheer en onderhoud dat daarvoor nodig is en er moeten ook budgetten daarvoor worden geregeld. Dit betreft naast beheer en onderhoud ook handhaving, vooral in het geval van een recreatiestrand waarvoor ook gebruiksbeperkingen gelden, om bijvoorbeeld verstoring te beperken.

Anders dan bij natuur kan een zandig voorland direct al een functie vervullen als recreatiestrand. Er hoeven dus geen extra kosten te worden gemaakt voor bijvoorbeeld een profielaanpassing, zoals een breder strand, of een luwtedam. Wel moet worden opgemerkt dat kosten gemaakt moeten worden voor ontsluiting, eventuele faciliteiten en ook voor bebording e.d. Het profiel dat van nature ontstaat langs de oevers van het IJsselmeergebied, dus met een plateau op beperkte waterdiepte, is op zich geschikt voor zwemmen en starten van kites e.d.

5.3.3 Koppelkansen tussen projecten

De aanleg van zandig voorland vraagt veel grondverzet. Zoals hiervoor al is aangegeven kunnen bij de gelijktijdige aanleg van natuur kosten worden bespaard, vooral als sprake is van een winput die nabij gelegen is. In theorie kunnen ook meerdere projecten gebruik maken van een zelfde winput, zodat de kosten per m³ kunnen zakken. Daarvoor moet wel aan meerdere voorwaarden worden voldaan:

- De winput moet voldoende gunstig zijn gelegen voor ieder project, zodat er kostentechnisch voordelen zijn te behalen. Het kan hierbij gaan om een behoefte aan zand, maar ook aan Holocene grond, op verschillende afstanden van de put. Zoals eerder aangegeven zijn de voordelen voor natuurontwikkeling vooral groot als deze nabij de winput is gesitueerd.
- De winvolumes moeten op elkaar zijn afgestemd. Bij winning komt Holocene grond, en fijn en grof zand in bepaalde volumes vrij afhankelijk van de opbouw van de ondergrond. Het ontwerp van de verschillende projecten moet zo mogelijk rekening houden met de verhouding waarin grond en zand vrijkomen.
- De winning moet op elkaar zijn afgestemd. Zand kan men altijd winnen als de Holocene deklaag is verwijderd. Dit betekent dat bij een combinatie van projecten, het project waarin vooral Holocene wordt ingezet, voorop moet lopen.

Beleidsmatig wordt er in het IJsselmeergebied naar gestreefd om winning alleen toe te staan als deze meervoudig gebruik dient. Een voorbeeld is het winnen van zand in een vaargeul omdat deze daarbij gelijk wordt verdiept. Bij winnen van zand in een vaargeul mag de Holocene deklaag ook worden omgeput. Bij winningen buiten een vaargeul moet vooral aan natuurontwikkeling als mogelijkheid voor meervoudig gebruik worden gedacht. Een put kan dienen voor het invangen van slib wat als bijkomende functie kan worden gezien, maar vereist is dat tenminste een deel van de Holocene deklaag wordt ingezet voor natuurontwikkeling, ook als dit tot meer kosten leidt dan omputten van Holocene grond. Per geval zal dit met de vergunningverlener moeten worden afgestemd.

Dekgrond kan alleen maar voor natuurontwikkeling worden ingezet als daarvoor een geschikte plaats beschikbaar is en bestemd. Marker Wadden is zo'n project en plaats waar is voorzien in een ontvangst voorziening voor dekgrond die door derden kan worden ingezet. Marker Wadden biedt daarom mogelijkheden voor projecten die op niet al te grote afstand zijn gelegen. Voor projecten op grotere afstand, zoals ten zuiden van de Afsluitdijk, zou een nabijgelegen ontvangstgelegenheid c.q. natuurontwikkelingsproject beschikbaar moeten zijn, voor projecten die de inzet van Holocene dekgrond niet al direct onderdeel van het eigen project maken.

5.3.4 Zandige voorlanden versus stenen dijken

Er kan op verschillende manieren naar de meekoppelkansen worden gekeken. Het kan voor natuurontwikkeling en recreatiedoelen tot besparingen leiden en een reden zijn voor desbetreffende stakeholders om mee te financieren en ook mee te bepalen hoe het ontwerp voor de versterking eruit komt te zien.

Het mee koppelen met natuur en recreatie geeft echter geen besparingen voor de dijkversterking, niet in de aanleg, en ook niet in beheer en onderhoudsfase. Een mogelijk uitzondering is een situatie waarin vooroeverdammen worden meegefinancierd vanuit een andere bron, terwijl daarmee ook beheer en onderhoud aan het zandige talud kan worden verkleind.

Geheel afhankelijk van de situatie kan het wel mogelijk zijn dat een alternatief met meer natuur niet duurder is in aanleg dan een geheel op veiligheid gericht zandig voorland. Dit kan zich voordoen als er een aanzienlijke erosie wordt verwacht, die met een vooroeverdam sterk kan worden beperkt, waarmee ook gelijk gunstige condities voor de ontwikkeling van water- en oevervegetatie worden geschapen.

De keuze voor het uiteindelijke ontwerp moet dan ook gedaan worden op een meer integrale leest, waarbij mogelijk de eventuele meerkosten voor recreatie en natuur ook door desbetreffende partijen worden gedragen, zodat ook voor alle partijen een kostentechnisch meest gunstig project ontstaat. Dit betekent dat men niet alleen vroeg samen moet ontwerpen, maar ook vroeg zicht moet hebben op de kosten die daarmee gemoeid zijn.

5.4 Samenvattende conclusies en aanbevelingen

Er zijn op verschillende plekken in Nederland mogelijkheden om zandige vooroevers aan te leggen (Penning et al, 2018), c.q. worden deze al aangelegd of zijn de plannen daarvoor in een gevorderd stadium. De pilot zandige versterking Houtribdijk heeft verschillende inzichten gegeven in hoe deze zandige voorlanden zich in de eerste jaren na aanleg kunnen ontwikkelen.

Belangrijk voor beheer vooral in de eerste jaren na aanleg zijn:

- Dat riet niet tot ontwikkeling kan komen op een zandige oever als er sprake is van te sterke golfslag onder dagelijkse condities. Het strand blijft dan onbegroeid. Vanuit de pilot is niet direct duidelijk welke golf door een jonge en volgroeide rietvegetatie kan worden weerstaan. Een situatie waarbij oevervegetatie een kans krijgt, geeft direct een geheel andere beheersituatie.
- Dat het profiel zich in ieder geval de eerste jaren ontwikkelt door terugschrijdende erosie waarbij een klifje ontstaat die eventueel aanwezige vegetatie ondermijnd, ondanks dat deze al dieper geworteld is. Deze klifvorming kan samenhangen met de initiële taludhelling. Naar verwachting biedt een flauwer talud, dan aangelegd in de pilot, betere mogelijkheden voor de vestiging van vegetatie. Dat is ook het geval als de golfaanval kleiner is.
- Dat een voedselarm zandig talud in combinatie met dieper gelegen grondwater maar zeer moeizaam een autonome vegetatieontwikkeling laat zien, en dat nieuw aangeplante vegetatie in droge perioden moet worden geholpen door beregening. Het aanbrengen van een voedselrijkere en ook kleirijkere toplaag biedt veel betere mogelijkheden voor de ontwikkeling van vegetatie en werkt ook direct bij aanleg verstuuving tegen.
- Dat ook van een niet met vegetatie ingeplant talud na vrij korte tijd maar weinig zand verwaait, omdat zich een dekje ontwikkelt van grover zand maar ook (pionier)mossen. Dit betekent mogelijk dat niet altijd een dichte vegetatie nodig is om verstuuving tegen te gaan. Het is nog niet duidelijk hoe de vorming van een dergelijke

toplaag kan worden geoptimaliseerd, maar deze autonome ontwikkeling biedt ook kansen voor biodiversiteit en ook een extensief beheer. Ook dit geeft direct na aanleg al een geheel andere beheersopgave.

Hierbij moet wel rekening worden gehouden met het feit dat deze pilot op een zeer dynamische locatie lag, met grote golfval en dat er geen luwe stukken aanwezig waren. Daardoor zijn deze ervaringen niet zondermeer extrapol eerbaar naar locaties met een ander golfklimaat. Wel laat de pilot zien dat onder deze relatief 'extreme' dagelijkse golfval condities een morfologisch 'stabiel' systeem ontstaat en waar op de droge oever afhankelijk van de gekozen aanlegstrategie een begroeide situatie ontstaat. Op de pilot Houtribdijk is nooit actief beheer en onderhoud uitgevoerd, omdat de tijdsperiode daarvoor te kort was. Voor alle resultaten van deze studie wordt verwezen naar het hoofdrapport van de studie (EcoShape, 2018).

In deze guideline worden verschillende aspecten van het beheer en onderhoud van nieuwe zandige voorlanden in meersystemen besproken. Hieruit blijkt dat veel aspecten van dit beheer en onderhoud al tijdens de aanlegfase moeten worden besproken. Immers, keuzes die op dat moment worden genomen, beïnvloeden in grote mate het beheer en onderhoud op de langere termijn.

Omdat de verschillende functies van een zandig voorland beïnvloeden welke beheeraspecten belangrijk zijn, is het aan te raden al tijdens het ontwerp voldoende aandacht te hebben voor de eisen vanuit deze functies aan het beheer op de lange termijn. Er zal al in dat stadium van ontwerp een dialoog met de uiteindelijke beheerder op lange termijn moeten starten om een afweging te maken in deze keuzes zodanig dat het beheer hier op voorbereidt is. Het opstellen van een gedegen en breed gedragen beheer- en onderhoudsplan moet dus een essentieel onderdeel zijn van het ontwerpproces.

Referenties

- Bakker, P. 2016. Natuurwaarde van het Voorland bij de Stichtse Brug. <http://www.vriendenvanhetgooi.nl/media/pdf/20160318%20Natuurwaarde%20van%20het%20Voorland%20bij%20de%20Stichtse%20Brug.pdf>
- Moller, I., Spencer, T., French, Leggett, D., & Dixon, M. (1999). Wave transformation over salt marshes: A field and numerical modelling study from north Norfolk, England, 411–426.
- Deltaprogramma 2015. (2015). Deltaprogramma 2015 Werk aan de delta. De beslissingen om Nederland veilig en leefbaar te houden. Min. I&M en Min EZ
- Klijn, F., & Maarse, M. (2015). Wat te doen tegen de toename van overstromingsrisico's in de toekomst? Handelingsperspectieven voor beleid en beheer afgeleid uit het onderzoek naar toekomstbestendige overstromingsrisicobeheersing van Kennis voor Klimaat. STOWA rapport 33-2015 Amersfoort
- Penning E, Levelt O, Smale A (2017) Quicksan effect vegetatie in voorlanden op golfbelasting – landelijk beeld. Deltares rapport 11200543-003
- Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017 <http://wetten.overheid.nl/BWBR0039040/2017-01-01>
- RWS (2016) Milieueffectrapport Zandige versterking Houtribdijk en benodigde ontgronding. Kenmerk HB2964973
- Rijke J & Hertogh M (2014) Inventarisatie beheer- en onderhoudskosten primaire waterkeringen. Basis gegevens voor LCC binnen HWBP. Triple Bridge rapport 1440/JR/2014.12.31
- Rosenbrand E (2017) Achtergrondrapport WBI piping bij dijken. Deltares rapport 1230086-021. Delft.
- RWS (2013) Leidraad beheer groenvoorzieningen wegen – kanalen-rivieren. Rijkswaterstaat CD0313JU43
- Steenbergen A 2015. Foreshores with reed vegetation as a resilient lake shore defence. Modelling of the incoming wave height at the reed-water boundary. MSc. Thesis Open Universiteit.
- Smale A.J. (2014) Uncertainty analyses waves. Development of the adjoint of a 2nd generation spectral wave model. Deltares report 1207807-001
- Van Kruiningen F (2014) Beheerplan Waterkeringen (aspect operationeel beheer en onderhoud). Waterschap Delfland.
- Vuik, V., Jonkman, S. N., Borsje, B. W., Suzuki, T., Kratzer, I., & Bouma, T. J. (2016). Nature-based flood protection: the efficiency of vegetated foreshores in reducing wave run-up. Coastal Engineering, 116, 42–56. <http://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2016.06.001>
- http://deltaproof.stowa.nl/pdf/Bloemrijke_sterke_dijken?rId=86
- Waterschap Aa en Maas (2014) Beheer- en onderhoudsplan waterkeringen 2014-2018. Waterschap Aa en Maas

Contact

Spuiboulevard 210,
3311 GR Dordrecht
+31 78 6111 099
info@ecoshape.nl
www.ecoshape.nl