

Onderzoek Gras- en kleibekleding Handreiking



Project	POV-Waddenzeedijken
Onderzoek	Gras- en Kleibekleding
Datum	september 2019
Versie	1.0

Inhoud

1	Inleiding en doel van het onderzoek	3
2	Onderzoeksvragen en resultaten	4
2.1	Onderzoeksvragen.....	4
2.2	Resultaten onderzoeksvragen Fase B.....	4
2.3	Fase C: Pilot	5
2.3.1	Resultaten onderzoeksvragen Fase C1: Grasmengselonderzoek, beheerplan en monitoringsplan	6
2.3.2	Resultaten onderzoeksvragen Fase C2: Golfloopproeven.....	7
2.4	Fase C3.....	9
3	Conclusies en vervolg	10
3.1	Vervolg	10

1 Inleiding en doel van het onderzoek

Op de Waddenzeedijken en ook in de rest van Nederland zijn veel dijktrajecten aanwezig waarvan de bovenliggende grasbekleding is afgetoetst. Uit lopende onderzoeken (WTI-onderzoeksproject naar bekledingen en reststerkte bij overslag op binnentaluds) blijkt nu dat grasbekledingen bij golfoverslag een grotere sterkte hebben dan tot nu werd aangenomen en daarom in de huidige rekenmodule onjuist zijn verdisconteerd. In het POV-W-onderzoek worden de huidige grasbekledingen geïnventariseerd en wordt de afgekeurde grasbekleding vergeleken met het gras op de goedgekeurde dijksecties. De bestaande graszoden worden gecategoriseerd overeenkomstig het concept-WTI2017 en er worden nieuwe toetsregels ontwikkeld. Er worden proefvakken aangelegd met nieuwe grasmengsels, die meerjarig gemonitord worden. De monitoring tot en met 2019 valt binnen de looptijd van de POV-W (eind 2019). De monitoring vanaf 2020 is nog niet belegd bij een organisatie.

Het doel van onderzoek 1 (inventarisatie) is:

- inzicht in de sterkte van de huidige grasmat;
- inzicht in de optimale soortensamenstelling in relatie tot de hoogte ten opzichte van zeeniveau;
- inventarisatie van de impact van nieuwe kennis over de erosiebestendigheid van grasbekledingen, ontwikkeld binnen het WTI2017-programma op versterkingsopgave;
- een eventuele aanscherping van rekenregels, toegespitst op de situatie van dijkkring 6.

Het doel van onderzoek 2 (aanleg van deze proefvakken) is:

- veel meer kennis in het ontwikkelen van een sterk ontwikkelde grasmat (en andere vegetatie) met intensieve beworteling op verschillende hoogtezones van een dijk;
- inzicht in de mogelijkheden voor een kleidijk of groene dijk (erosiebestendigheid van klei en begroeibaarheid van verschillende typen klei in relatie tot hoogtezones op het talud, inclusief overgangen van hard naar zacht).

2 Onderzoeksvragen en resultaten

Bij de start van fase 2 van de POV-Waddenzeedijken waren voor het onderzoek Gras- en kleibekleding de volgende onderzoeksvragen gedefinieerd.

2.1 Onderzoeksvragen

Onderzoek 1 (inventarisatie):

1. Welke grasmengsels en andere vegetatie komen we nu tegen op de Waddendijken en waar bevinden deze zich?
2. Welk beheer wordt nu en is in het verleden uitgevoerd aan de grasmat?
3. Tot welke kwaliteit heeft dit geleid ('gesloten zode', 'open zode' of 'fragmentarische zode')?
4. Hoe is de ondergrond opgebouwd (wat voor klei is er gebruikt, erosiebestendigheidscategorie, Atterbergse grenzen, hoe zit het met het lutum- en zand-, zandlenzen-, kalk-, humus- en zoutgehalte, is er sprake van een toplaag op de klei, hoe dik is die laag, en uit wat voor materiaal bestaat die toplaag)?

Onderzoek 2 (aanleg van proefvakken en testen):

5. Welke verschillende nieuwe grasmengsels en andere vegetatiesoorten zijn passend zijn voor zilte omstandigheden?
6. Welke verschillende vegetatiesoorten voldoen het beste boven de tijzone en welke voldoen het beste tussen GLW en GHW (zorgen voor een gesloten vegetatiedek)?
7. Welke nieuwe grasmengsels vormen naar verwachting een betere en sterkere zode dan de huidige voorkomende grasmengsels?
8. Wat is de erosiebestendigheid van de verschillende soorten gras/vegetatie en de verschillende kleipakketten, direct onder de toplaag?
9. Hoe kan met eenvoudige maatregelen de plek waar als eerste schade optreedt (overgang tussen verschillende materialen naar gras (hard – zacht)), worden verbeterd?

De onderzoeksvragen voor onderzoek 1 zijn onderzocht in fase B, de inventarisatie. Daarnaast zijn twee aanvullende onderzoeksvragen geformuleerd om te kunnen voldoen aan de uiteindelijke doelstelling van het onderzoek. Deze vragen zijn:

10. Hoe scoort de huidige grasbekleding volgens het WBI2017 (fase B)?
11. Wat is de impact van een potentiële verbetering van de erosiebestendigheid op het veiligheidsoordeel?

Omdat RWS en Deltares de overgangen van hard (steen/asfalt) naar zacht (gras) in een separaat onderzoek meenemen, is besloten om onderzoeksvraag 9 niet mee te nemen in dit onderzoek.

2.2 Resultaten onderzoeksvragen Fase B

In deze paragraaf worden de resultaten van het onderzoek per onderzoeksvraag nader toegelicht. De resultaten van onderzoeksvragen 5, 7, 8 en 9 worden in paragraaf 3.3 beschreven.

Onderzoeksvraag 1, 2 en 3: Alle opnames op de buitentaluds van de Waddenzeedijken lijken veel op elkaar qua soortenrijkdom, soortensamenstelling, (hoge) bedekking/geslotenheid en qua lengte van de vegetatie. De opnames behoren bijna allemaal tot het graslandtype kamgrasweide. Dit is toe te schrijven aan het overeenkomstige beheer (schapenbegrazing met afmaaien bloeistengels – bloten) met lichte bemesting. De kwaliteit conform het WBI2017 is 'gesloten zode'.

Onderzoeksvraag 4: Het substraat bestaat uit klei. Naast een positieve correlatie tussen de wortellengte en de treksterkte is er ook een positieve correlatie gevonden tussen het zoutgehalte en de treksterkte van de zode. De treksterkte van de zode wordt geacht een goede indicator te zijn van de erosiebestendigheid.

Onderzoeksvraag 6: In fase B is geen veelbelovende vegetatie gevonden die een geleidelijke overgang vormt van het dijktaalud naar de kwelder. Voor aanvang van fase B werd gedacht aan een vegetatie met zoutminnende, zodevormende soorten, die laag op het talud kan gedijen, beheerd kan worden en kan dienen als erosiebescherming. Uit de inventarisatie van vegetaties blijkt dat er bij de aanwezigheid van kwelders echter een relatief abrupte overgang is van kweldervegetatie naar dijkgrasland. De scheiding bestaat in deze gevallen uit een sloot aan de buitenteen. Vanaf de sloot richting de dijk komt een gangbare vegetatie voor, zoals ook hoog op het talud wordt aangetroffen, en niet zozeer specifiek zoutminnende soorten (al worden deze wel mondjesmaat aangetroffen). De geometrie en opbouw van de huidige overgang zorgt voor een matig zilt tot zoet milieu om een normale dijkvegetatie in stand te houden. Fase B biedt aldus geen aanknopingspunten voor een ontwerp van een vegetatie gedomineerd door zoutminnende, zodevormende soorten. Echter, het is aangetoond dat de huidige vorm van de overgang tussen dijk en kwelder in de praktijk werkt, ofwel een handhaafbare 'gesloten zode' mogelijk maakt.

Onderzoeksvraag 10: De erosiebestendigheid van de huidige graszode lijkt aanzienlijk hoger dan waarvan in het WBI₂₀₁₇ wordt uitgegaan. Uit de grastrekproeven blijkt, indicatief, een tot 50% hogere rekenwaarde van de kritische stroomsnelheid mogelijk ten opzichte van de rekenwaarde voor een gesloten zode.

Onderzoeksvraag 11: Op basis van 28 beoordelingen van de grasbekleding volgens de modellen van het WBI₂₀₁₇ en de indicatieve rekenwaarden van de erosiebestendigheid volgend uit de grastrekproeven, wordt geen directe 'winst' verwacht in de vorm van het kunnen goedkeuren van grasbekledingen die eerder waren afgekeurd of het kunnen vervangen van harde bekledingen door grasbekledingen in een ontwerp. Dit komt omdat de huidige rekenwaarden voor een gesloten zode in het WBI₂₀₁₇ ruim voldoende zijn (golfoploopzone, kruin en binnentalud) of juist ruim onvoldoende zijn (golfklapzone). In het eerste geval is een hogere erosiebestendigheid niet noodzakelijk, omdat de rekenwaarden uit het WBI₂₀₁₇ al voldoen, en in het tweede geval is een betere erosiebestendigheid waarschijnlijk alsnog niet voldoende. Er zou een veel hogere erosiebestendigheid nodig zijn dan de nu aangenomen 50%.

Een hogere erosiebestendigheid kan wel leiden tot 'winst' voor voormalig dijkkring 6 langs de Waddenzee, indien:

- de rekenwaarde van de erosiebestendigheid met meer dan 50% kan worden verhoogd ten opzichte van de nu in het WBI₂₀₁₇ opgenomen rekenwaarden (golfklapzone);
- de grasbekleding wordt gecombineerd met een zeer flauw talud (golfklapzone);
- de grasbekleding wordt gecombineerd met golfremmende maatregelen (golfklapzone);
- in de toekomst rekening wordt gehouden met hogere golfbelastingen (golfoploopzone).

Buiten voormalig dijkkring 6 zal er waarschijnlijk wel directe winst mogelijk zijn. Het gaat hierbij om dijktrajecten met een grasbekleding in de golfklapzone, bij een maximale rekenwaarde van de golfhoogte van circa 1 m (mogelijk in het rivierengebied). Ook bij dijktrajecten waar de golfhoogte groter is, kan een hogere erosiebestendigheid in de golfoploopzone voorkomen dat de harde bekleding tot de kruin moet worden opgetrokken.

Ten slotte wordt geconcludeerd dat door het wegvallen van de VTV2006-eis aan het zandgehalte in de zode in dijkvakken, die eerder 'geen oordeel' kregen, nu met het WBI2017 alsnog kunnen worden goedgekeurd.

2.3 Fase C: Pilot

Het doel van fase C was om een aanzet te maken voor de beantwoording van de onderzoeksvragen 5, 7 en 8 (zie paragraaf 2.3). De feitelijke beantwoording van voornoemde onderzoeksvragen kan plaatsvinden na de komende monitoringsperiode van vijf jaar (fase D). Onderzoeksvraag 6 is in fase B beantwoord (zie paragraaf 3.2).

In het onderzoek Gras- en kleibekleding is ervoor gekozen om fase C op te delen in drie afzonderlijke sub-fasen:

C1: Grasmengselonderzoek, beheerplan en monitoringsplan

C2: Golfoplooproef

C3: Aanleggen van proefvakken

2.3.1 Resultaten onderzoeksvragen Fase C1

Bij de huidige zaadmengsels is er aandacht voor soorten die zich snel kunnen vestigen en een goede, gesloten grasmatt opleveren. De nieuwe mengsels zijn een aanvulling hierop en hebben tot doel om een diversere vegetatie (met grassen en kruiden) te ontwikkelen, met een betere wortelstructuur en dus hogere erosiebestendigheid.

De nieuwe mengsels moeten voldoen aan de volgende criteria:

1. De vestigingssnelheid moet minstens net zo hoog zijn als die van de gangbare mengsels D1 en D2: groen na 8 weken en op sterkte na 3 à 4 jaar.
2. De erosiebestendigheid moet hoger zijn dan die van de mengsels D1 en D2.
3. De mengsels moeten passen binnen het huidige beheer van de proeflocaties: er wordt dus een mengsel voorgesteld voor schapenbegrazing (met minder bemesting en langer herstel).
4. De nieuwe mengsels moeten goed gedijen op het bestaande kleidek.

De samenstelling van de vier grasmengsels is gebaseerd op:

- voorkomen op Waddenzeedijken;
- tolerantie tegen beheer en zout;
- optimale doorworteling;
- snelle vestiging;
- potentiële ontwikkeling;
- ecologische waarde (biodiversiteit);
- klimaatrobuustheid;
- bloemrijkheid en kruiden.

Uit de inventarisatie van de bestaande vegetaties, de grastrekproeven en het wortelonderzoek blijkt een positieve correlatie tussen de soortenrijkdom, wortellengte en de uittreksterkte van de zode. Dat laatste wordt gezien als een belangrijke indicator voor de erosiebestendigheid. Uit het wortelonderzoek in fase B blijkt dat sommige soorten meer bijdragen aan de uittreksterkte dan andere soorten, wat een belangrijk gegeven is voor het ontwerp van een erosiebestendig grasmengsel in fase C. Verder valt op dat er een grote discrepantie is tussen de gangbare D1/D2-zaadmengsels voor dijken en de vegetaties die de beste erosiebestendigheid bieden onder de kleiige en begraasde omstandigheden van de Waddenzeedijken. Het zoeken naar optimale grasmengsels

in fase C is erop gericht te komen tot combinaties van soorten en variëteiten waarmee de ingezaaide vegetatie zich sneller sluit en waarmee een stabiele en erosiebestendige vegetatie wordt bereikt.

Om tot de nieuwe grasmengsels te komen is een uitgebreide literatuurstudie gedaan, waarna experimenten zijn uitgevoerd in de kas. Hierbij zijn verschillende gras- en kruidenmengsels getest in een kleinschalige maar gecontroleerde setting in de kassen van de Radboud Universiteit Nijmegen. Daarbij is gekeken naar de groei en doorworteling van verschillende combinaties van de geselecteerde soorten. Dit onderzoek vormt de basis voor de innovatieve zadenmengsels.

Op basis van een analyse van het literatuuronderzoek en de kasexperimenten, en de doelstellingen en criteria is gekozen voor de volgende graszaadmengsels voor aanleg in de proefvakken:

#	Mengsel	Samenstelling	Gram/m ²
1	Basis + Rietzwenkgras	Festuca rubra rubra: 20% Festuca rubra commutata: 20% Lolium perenne: 20% Poa pratensis: 20% Festuca arundinacea: 20%	20
2	Basis + Witte klaver	Festuca rubra rubra: 22% Festuca rubra commutata: 22% Lolium perenne: 24% Poa pratensis: 22% Trifolium repens: 10%	15
3	Basis + Kruiden	Festuca rubra rubra: 17% Festuca rubra commutata: 17% Lolium perenne: 19% Poa pratensis: 17% Trifolium pratensis: 6% Achillea millefolium: 6% Plantago lanceolata: 6% Leontodon autumnalis: 6% Rumex acetosa: 6%	15
4	D1	Lolium perenne: 40% Poa pratensis: 25% Festuca rubra tricho: 15% Trifolium repens: 10% Festuca rubra rubra: 10%	15

Beheerplan

Een onderdeel van fase C1 is het opstellen van een beheerplan. De innovatieve grasmengsels worden ingezaaid op vier locaties op de Waddenzeedijk: een locatie bij het Wetterskip Fryslân, een locatie bij waterschap Noorderzijlvest en twee locaties bij waterschap Hunze en Aa's. In overleg met de beheerders van de bovengenoemde waterschappen is het beheerplan tot stand gekomen. Dat beheerplan is als bijlage toegevoegd aan de rapportage van fase C1.

Monitoringsplan

In de rapportage van fase C1 is tevens een monitoringsplan opgenomen. In dit plan wordt beschreven hoe gedurende de vijf jaar na aanleg van de vier proefvakken de monitoring moet worden vormgegeven. Hierbij is aangegeven op welke wijze de proefvakken zijn ingedeeld en met welke frequentie de monitoring plaats zal vinden. Aan het einde van de monitoringsfase zullen wederom golfoploopprouwen en trekproeven worden uitgevoerd om de innovatieve grasmengsels te beproeven op erosiebestendigheid.

2.3.2 Resultaten onderzoeksvragen Fase C2: Golfloopproeven

De uitgevoerde golfloopproeven hadden tot doel om de erosiebestendigheid van de huidige grasmengsels (D1/D2) te testen. De verkregen gegevens dienen ter vergelijking (als nulmeting) met de resultaten van de golfloopproeven aan het eind van de monitoringsperiode (eind 2023). Door de erosiebestendigheid van de nieuwe grasmengsels te vergelijken met de huidige grasmengsels wordt duidelijk of de innovatieve mengsels daadwerkelijk erosiebestendiger zijn.

De erosiebestendigheid is beproefd door middel van golfloopproeven en grastrekproeven. De proeven zijn uitgevoerd om te komen tot een erosiebestendigheid in termen van een kritische stroomsnelheid. Deze wordt vergeleken met de huidige rekenwaarden in het WBI2017, die een referentie vormen voor de grasbekledingen met een verbeterde soortensamenstelling.

Voor het bepalen van de erosiebestendigheid van de grasbekleding worden de golfloopproeven nagerekend met het erosiemodel voor grasbekledingen in de golfloopzone, zoals dit in het WBI2017 wordt gebruikt.

In het WBI worden drie schadebeelden onderscheiden, die afhankelijk zijn van de cumulatieve overbelasting D (m^2/s^2):

- Begin schade $D=1.000 m^2/s^2$
- Meerdere kale plekken $D=4.000 m^2/s^2$
- Falen toplaag $D=7.000 m^2/s^2$

Hierbij wordt opgemerkt dat het model de grootste voorspellende waarde heeft voor falen van de grasbekleding. Begin van schade en meerdere kale plekken worden veel minder goed voorspeld. In enkele gevallen was het verschil in belasting tussen begin van schade en falen van de toplaag zeer klein en lag de waarde van D dus al dicht tegen de 7.000 bij het ontstaan van beginnende schade.

De golfloopproeven zijn op drie locaties uitgevoerd (zie onderstaande tabel).

In de rapportage van fase C deel 2 zijn de schades per proefvak opgenomen en middels foto's gevisualiseerd. Daarbij moet opgemerkt worden dat de zomer van 2018 voorafgaand aan het uitvoeren van de golfloopproeven zeer droog was.¹

Test-strook	Locatie	Beheerder
1-1	Carel Coenraadpolder (Groningen)	Waterschap Hunze en Aa's
2-1	Emmapolder (Groningen)	Waterschap Noorderzijlvest
3-1	Slachte (Friesland)	Wetterskip Fryslân

De rekenwaarde van de erosiebestendigheid, uitgedrukt in een kritische stroomsnelheid U_c , is volgens het WBI2017 en OI2014 6,6 m/s voor een gesloten zode en 4,3 m/s voor een open zode. Op elk van de drie locaties was sprake van een gesloten zode, zodat hiervoor een rekenwaarde van 6,6



¹ Voorafgaand aan het uitvoeren van de golfloopproeven is door Deltares onderzocht of de dijken niet te droog waren, waardoor de nulmeting niet representatief zou worden. Conclusie: graszode buitentalud was kwalitatief in orde.

m/s geldt. Deze rekenwaarde is aan de veilige kant van wat gemiddeld wordt verwacht, namelijk iets minder dan 8 m/s.

Op locatie 1, Coenraadopolder, leidde de golfoploopproof tot een U_c van 4,4 m/s. De grastrekproeven leidden tot een hogere waarde van 6,4 m/s. Geconcludeerd wordt dat de U_c waarschijnlijk in de range van 5 à 7 m/s lag. Dat is aan de lage kant, gezien de rekenwaarde van 6,6 m/s uit het WBI2017 en OI2014. Er is gekeken naar mogelijke verklaringen voor dit resultaat. De quickscan van vegetatie en doorworteling, uitgevoerd in oktober 2018, geeft een score voor doorworteling op locatie 1 van "matig tot slecht" volgens de VTV 2006, tegenover de score "goed" op locatie 2, Emmapolder, en "goed tot matig" op locatie 3, Slachtedyk. De vegetatie was in oktober 2018 niet goed vast te stellen, maar leek niet afwijkend van de andere locaties. De nabijgelegen vegetatieopname in 2017 was echter relatief kruidenarm (zie Bijlage 2). Verder is de teststrook mogelijk niet strikt belast door stroming door golfoploop, maar ook door het neerkomen van de watervolumes op het talud. De afdekplaat om dit te voorkomen was op locatie 1 mogelijk aan de korte kant. Op locaties 2 en 3 is de plaat daarom enigszins verlengd. Daarnaast was er op locatie 1 sprake van een opvallend droge grond, wat mogelijk van invloed was op de erosiebestendigheid. Verwacht zou echter mogen worden dat dit eveneens invloed zou hebben op de met de grastrekproeven bepaalde U_c .

Op locatie 2 leidde de golfoploopproof niet tot falen. Teruggerekend was de U_c hoger dan 9 m/s. De grastrekproeven leidden tot een U_c van 9 m/s. Dit is ruim hoger dan de rekenwaarde van 6,6 m/s uit het WBI2017 en OI2014.

Ook op locatie 3 leidde de golfoploopproof niet tot falen. Teruggerekend was de U_c hoger dan 5,6 m/s. De grastrekproeven leidden tot een U_c van ongeveer 8 m/s. Het is waarschijnlijk dat de U_c in de range van 6 à 9 m/s lag, hetgeen in lijn is met de rekenwaarde van 6,6 m/s uit het WBI2017 en OI2014.

2.4 Fase C3

In fase C3, in mei 2019, zijn de proefvakken op vier locaties van de drie noordelijke waterschappen aangelegd. De monitoring van de proefvakken is gestart en loopt door tot en met eind 2023. De resultaten van de monitoringsfase worden te zijner tijd gepubliceerd en aan het HWBP overhandigd. Derhalve zijn er op dit moment nog geen resultaten die hier vermeldenswaardig zijn. De beschrijving van de aanleg van de proefvakken is opgenomen in de rapportage van fase C3.

3 Conclusies en vervolg

De hoofdconclusies op basis van de voorlopige resultaten (na monitoring volgen de definitieve resultaten) uit het onderzoek Gras- en kleibekleding zijn:

1. De aanwezigheid van kruiden heeft een positieve uitwerking op de doorworteling van de grassen in de bovenste 20 cm van de toplaag.
2. De erosiebestendigheid van de huidige graszode lijkt aanzienlijk hoger dan waarvan in het WBI2017 wordt uitgegaan. Uit de grastrekproeven blijkt, indicatief, een tot 50% hogere rekenwaarde van de kritische stroomsnelheid mogelijk ten opzichte van de rekenwaarde voor een gesloten zode.
3. Een hogere erosiebestendigheid kan wel leiden tot 'winst' voor voormalig dijkkring 6 langs de Waddenzee, indien:
 - de rekenwaarde van de erosiebestendigheid met meer dan 50% kan worden verhoogd ten opzichte van de nu in het WBI2017 opgenomen rekenwaarden (golflapzone);
 - de grasbekleding wordt gecombineerd met een zeer flauw talud (golflapzone);
 - de grasbekleding wordt gecombineerd met golfremmende maatregelen (golflapzone);
 - in de toekomst rekening wordt gehouden met hogere golfbelastingen (golfoploopzone).

Buiten voormalig dijkkring 6 zal waarschijnlijk wel directe winst mogelijk zijn. Het gaat hierbij om dijktrajecten met een grasbekleding in de golflapzone, bij een maximale rekenwaarde van de golfhoogte van circa 1 m (mogelijk in het rivierengebied). Ook bij dijktrajecten waarvan de golfhoogte groter is, kan een hogere erosiebestendigheid in de golfoploopzone voorkomen dat de harde bekleding tot de kruin moet worden opgetrokken.

3.1 Vervolg

Na de aanleg van de proefvakken in mei 2019 zal er gedurende 5 jaar (tot eind 2023) gemonitord worden. De monitoring van 2019 is geregeld in het POV-W-programma. De periode 2020-2023 dient nog nader belegd en gefinancierd te worden in de Kennis- en Innovatieagenda of anderszins. Hierover vinden momenteel gesprekken plaats tussen de POV-W en het HWBP. De monitoringsperiode wordt afgesloten met het opnieuw uitvoeren van grastrek- en golfoploopproeven. Deze proeven maken onderdeel uit van fase D.

Op basis van de uitkomsten van de monitoringsfase wordt een advies gegeven voor eventuele toepassing en eventueel benodigd vervolgonderzoek.

Bijlagen

1. Rapportage Fase B
2. Rapportage Fase C deel 1_definitief
3. Rapportage Fase C deel 2_definitief
4. Rapportage Fase C deel 3_definitief