

Natuurlijk alternatief voor kunststof geotextiel



Bron: (Leijdekker, 2023)

DE HAAGSE
HOGESCHOOL

rps MAKING
COMPLEX
EASY

E.M. Hart
26 juni 2023, Delft

Afstudeerscriptie

~Natuurlijk alternatief voor kunststof geotextiel~

Soort document: Bachelor scriptie

Datum van publicatie: 26-06-2023

Naam: E.M. Hart

Studentnummer:

Opleiding: Civiele Techniek

Onderwijsinstelling: De Haagse Hogeschool

Versie: Definitief

Voorwoord

Voor u ligt het rapport van mijn afstudeerstage bij RPS getiteld “Natuurlijk alternatief voor kunststof geotextiel”. Dit afstudeeronderzoek vormt mijn eindproduct van de opleiding Civiel Techniek aan de Haagse Hogeschool in Den Haag.

Tijdens mijn opleiding ben ik veel te weten gekomen over de verschillende aspecten binnen de Civiele Techniek. Waterbouw was al snel het onderwerp wat mij het meest aansprak, ik vond het interessant te leren hoe het water beweegt en hoe het land tegen water beschermd kan worden. Ik vind het leuk om dingen te bedenken met een toekomstperspectief, wat bij bescherming tegen water erg belangrijk is. In mijn loopbaan ben ik erachter gekomen dat ik ook een interesse heb in de implementatie op het gebied van duurzaamheidsoplossingen. Ik ben daarom ook enthousiast dat ik dat heb kunnen ontwikkelen en uitvoeren in mijn afstudeeronderzoek.

Ondanks de groeiende vraag naar duurzaamheidsoplossingen bestaat er ook nog veel onduidelijkheid over welke duurzaamheidsoplossingen geschikt zijn voor welke toepassingen en wanneer ze moeten worden toegepast. Ditzelfde geldt op het gebied van geotextiel. Mijn doel is bepalen welke hernieuwbare en biologisch afbreekbare alternatieven er zijn voor het vervangen van geotextiel. Met als hoofddoel het terugdringen van milieueffecten.

Ik heb veel geleerd tijdens mijn studie aan de Haagse Hogeschool, maar ook erg veel tijdens mijn afstudeerstage. Ik ben mezelf meerdere malen tegengekomen, maar ik heb ook ontdekt wat ik echt leuk vind. Ik wil als eerst mijn afstudeerbegeleider Sandor de Kluizenaar bedanken voor het begeleiden van mijn traject, maar ook voor de kans dat ik bij RPS heb mogen afstuderen. Ik wil het hele team van Waterveiligheid en Waterbouw bedanken voor de fijne en behulpzame sfeer op kantoor.

Daarnaast wil ik in het bijzonder mijn begeleider Wim Mantje bedanken voor de vele tussen peiling momenten en het vertrouwen wanneer ik dat even niet meer had.

Ook mijn tweede begeleider Witesh Bharos wil ik bedanken voor zowel de begeleiding in mijn afstudeertraject als de begeleiding gedurende mijn opleiding.

Tot slot wil ik Robbert Leijdekker van het waterschap Hollandse Delta en Wiebe de Haan van RPS bedanken voor de excursies en de support gedurende de opstartfase van mijn onderzoek.

Elske Hart,

Delft, 26 juni 2023

Samenvatting

Door klimaatverandering moet men anders gaan leven en produceren. De overheid streeft ernaar om in 2050 volledig circulair te bouwen. Dit onderzoek richt zich op een natuurlijk alternatief voor kunststof geotextiel bij oeverwerken langs kleinschalige watergangen/ boezemwateren. Geotextiel is een kunststof doek dat wordt gebruikt om constructies te stabiliseren en te beschermen. Het probleem is dat kunststof geotextiel, wanneer het blootgesteld wordt aan zonlicht, uiteenvalt en microplastics in het milieu terechtkomen.

Het onderzoek beantwoordt de vraag welke materialen gebruikt kunnen worden ter vervanging van kunststof geotextiel bij oeverbeschermingsconstructies. Er zijn vier deelvragen opgesteld en beantwoord met behulp van literatuuronderzoek en gesprekken met belanghebbenden en het waterschap Hollandse Delta. Het rapport onderzoekt en presenteert de mogelijkheden en kansen voor alternatieve materialen.

Geotextiel is een kunststof doek wat toegepast wordt bij de grond-, weg- en waterbouw. Functies van geotextiel op het gebied van waterbouw zijn: bevorderen van stabiliteit, scheiding, filteren, en erosiebestrijding. Het type textiel of grid is afhankelijk van de toepassing. Geotextiel wordt zowel toegepast bij een constructie met een talud als bij een beschoeiing. Geotextiel hoeft niet per definitie van kunststof te zijn gemaakt, biobased en biodegradable geotextiel zoals jute en kokos zijn ook mogelijk toe te passen als geotextiel. Echter hebben deze materialen een kortere levensduur en is nog weinig over bekend. Het waterschap Hollandse Delta voeren al enkele pilots uit om de geschiktheid van deze alternatieven te bepalen. Bij (gedeeltelijk) natuurvriendelijke oevers is het zo dat vegetatie de constructie na tijd kan overnemen. Een biobased en biodegradable alternatief is hier daarom een geschikte oplossing en relevant voor verder onderzoek.

De uitgangspunten, eisen en wensen voor het bepalen en analyseren van alternatieven voor kleinschalige watergangen zijn te omvatten onder: toepassingsgebied, materiaaleigenschappen, milieu-impact, uitvoering en beheer en kosten. De materialen die op dit moment geschikt zijn voor het vervangen van kunststof geotextiel zijn jute en kokos. Jute is beter voor het milieu dan kokos. Vandaar dat de voorkeur op dit moment naar jute gaat als alternatief voor geotextiel. De BASE-elements gemaakt van biopolymeren zijn ook geschikt voor oeverbescherming, echter kan dit niet functioneren als doek waardoor er bij de toepassing als beschoeiing nog wel een natuurlijk doek toegepast moet worden. Voor natuurherstel en bevorderen van vegetatie kunnen de structuren wel in hun eentje worden ingezet. Hennep en vlas zijn planten die erg kansrijk zijn als alternatief en kunnen wel in een Europees klimaat groeien en geproduceerd worden. Helaas zijn op dit moment nog geen hennep en vlas producten beschikbaar op de markt.

Wat betreft toekomstige materialen kan er meer onderzoek gedaan worden naar biopolymeren en het uitbreiden van toepassingen ervan. Een andere mogelijkheid is het toevoegen van een natuurlijk hars, om de levensduur van het plantaardige alternatief te verlengen. Brandnetels, algengroei, olifantsgras en paddenstoelen kunnen ook eventueel toekomstmogelijkheden bieden voor geotextiel.

Er is een advies uitgebracht per oeverconstructie welk materiaal geadviseerd wordt om toe te passen. Er zijn negen oeverconstructies in zwaarte van de constructie uitgesplitst van natuurlijke oever tot beschoeiing met palen en schotten. Jute wordt geadviseerd voor de meeste constructies, wanneer ook hennep en vlas op de markt zijn kunnen zij dezelfde functie vervullen. Kokos wordt aanbevolen voor vlies- en roltoepassingen. BASE-elements worden aanbevolen voor natuurherstel en kleinschalige beschoeiingen.

Concluderend kunnen jute, kokos, biopolymeren, hennep en vlas worden gebruikt als alternatief voor kunststof geotextiel. Verder onderzoek naar materiaaleigenschappen, kosten en de ontwikkeling van hennep en vlas wordt aanbevolen. Op lange termijn moet er meer onderzoek worden gedaan naar biopolymeren en de mogelijkheden van BASE-elements voor andere doeleinden. Het rapport adviseert ook om contact op te nemen met BESE-Products voor meer informatie over de mogelijkheden van BASE-elements.

Inhoud

VOORWOORD.....	2
SAMENVATTING.....	3
FIGUREN- EN TABELLENLIJST	8
1 INLEIDING.....	10
1.1 Project omschrijving.....	10
1.1.1 Algemeen.....	10
1.1.2 Probleemstelling.....	10
1.1.3 Project specifiek.....	10
1.2 Doel.....	10
1.3 Methodologie	11
1.4 Leeswijzer.....	11
2 INTRODUCTIE GEOTEXTIEL EN AFBAKENING	12
2.1 Algemeen	12
2.1.1 Type filters.....	12
2.1.2 Locaties en toepassing van geotextiel.....	13
2.2 Geotextiel bij talud	15
2.2.1 Talud met een grasmat.....	15
2.2.2 Talud met vegetatie en/ of begroeiing.....	16
2.2.3 Talud met breuksteen	18
2.3 Geotextiel bij Soorten beschoeiingen	20
2.3.1 Schotten beschoeiingen	20
2.3.2 Wilgenhout beschoeiing.....	22
2.4 Soorten geotextiel.....	25
2.4.1 Kunststof geotextiel	25
2.4.2 Algemeen Biobased biodegradable geotextiel.....	27
2.5 Afbakening naar beheer waterschappen.....	29
2.6 Samenvatting.....	32
3 UITGANGSPUNTEN, EISEN EN WENSEN.....	33
3.1 Toepassingsgebied	33
3.2 Materiaaleigenschappen.....	33
3.2.1 Biobased/ biodegradable.....	34
3.2.2 Levensduur.....	34
3.2.3 Gewicht.....	34
3.2.4 Openingsgrootte.....	35
3.2.5 Treksterkte	35
3.2.6 Flexibiliteit (rek).....	35
3.2.7 Waterdoorlatendheid.....	35
3.3 Milieu-impact.....	36

3.4	Uitvoering en beheer.....	36
3.5	Kosten.....	37
3.6	Samenvatting.....	38
4	MATERIAAL ALTERNATIEVEN	39
4.1	Jute.....	39
4.1.1	Toepassingen.....	40
4.1.2	Materiaaleigenschappen	41
4.1.3	Beschikbaarheid.....	42
4.1.4	Milieuaspecten	42
4.1.5	Kosten.....	43
4.1.6	Beperkingen	43
4.1.7	Conclusie.....	44
4.2	Kokos.....	44
4.2.1	Toepassingen.....	44
4.2.2	Materiaaleigenschappen	46
4.2.3	Beschikbaarheid.....	47
4.2.4	Milieuaspecten	47
4.2.5	Kosten.....	48
4.2.6	Beperkingen	49
4.2.7	Conclusie.....	50
4.3	Hennep/vlas.....	50
4.3.1	Toepassingen.....	51
4.3.2	Materiaaleigenschappen	51
4.3.3	Beschikbaarheid.....	51
4.3.4	Milieuaspecten	52
4.3.5	Kosten.....	53
4.3.6	Beperkingen	53
4.3.7	Conclusie.....	53
4.4	Biopolymeren	54
4.4.1	Toepassingen.....	54
4.4.2	Materiaaleigenschappen	56
4.4.3	Beschikbaarheid.....	56
4.4.4	Milieuaspecten	57
4.4.5	Kosten.....	58
4.4.6	Beperkingen	58
4.4.7	Conclusie.....	59
4.5	Toekomstmogelijkheden.....	59
4.6	Samenvatting.....	60
5	ADVIES	61
6	CONCLUSIE.....	63
7	DISCUSSIE.....	65
8	AANBEVELINGEN	66

9	LITERATUUR	67
	BIJLAGE 1 WERKPLAN	71
	BIJLAGE 2 REFLECTIE	80
	BIJLAGE 3 MATERIALEN	82
	BIJLAGE 4 VISUALISATIE OEVERCONSTRUCTIES.....	90

Figuren- en tabellenlijst

Figurenlijst

Figuur 1 Voorbeelden oeverbeschermingsconstructies met links een geotextiel filter en rechts een granulair filter (S. de Visser MSc, 2022)	13
Figuur 2 Voorbeeld geotextiel bij beschoeiing (Mark, 2018)	13
Figuur 3 Toepassingen geotextiel waterbouwkundige constructies (bontexgeo, 2023)	14
Figuur 4 Voorbeeld talud met grasmat (Salix, 2015)	15
Figuur 5 Voorbeeld talud met vegetatie (BBC, 2021)	17
Figuur 6 Voorbeeld oeverbescherming steenbestorting (GEBR-Visscher, 2023)	18
Figuur 7 Voorbeeld beschoeiing in Urk met Azobé hardhout (Foreco, 2018)	20
Figuur 8 Weergave dwarsprofiel constructie voor vijver/sloot en watergang. (GWW-boekje , 2004) .	21
Figuur 9 Voorbeeld van wiepen in beschoeiing (van Aalsburg , 2023)	23
Figuur 10 Dwarsprofiel en bovenaanzicht voor links vijvers/ sloten en rechts voor watergangen. (GWW-boekje , 2004)	23
Figuur 11 Huidige beschoeiing en nieuwe beschoeiing van gevlochten wilgenhout, met kastanje houtenpalen en jute doek (Hart, 2023)	29
Figuur 12 Het oude geotextiel en palen tegenover de nieuwe palen en wilgenwiepen (Hart, 2023) ...	30
Figuur 13 Voorbeeld verweerd en weggespoeld geotextiel tussen palen van de beschoeiing (Hart, 2023).....	30
Figuur 14 Voorbeeld Sophiapolder na plaatsing kokos matten 2021 (Haan)	30
Figuur 15 Voorbeeld Sophiapolder 2023, rijshouten dam en riet (Hart, 2023)	31
Figuur 16 Voorbeeld Sophiapolder 2023, grasbekleding dijk en resten kokosmatten (Hart, 2023)	31
Figuur 17 Levenscyclus producten (Molenaar, 2021)	36
Figuur 18 Installatierichtlijnen kokosmatten (Joosten kunststoffen, 2023)	37
Figuur 19 Installatierichtlijnen kokosmatten (Joosten kunststoffen, 2023)	37
Figuur 20 Jute plantage (Sazal).....	39
Figuur 21 Jute bij grondkering achter beschoeiingen en stabiliseren talud (Heusden, 2023) (ludlowjute, 2023)	40
Figuur 22 Toepassingen jute doek (Naue, 2023)	40
Figuur 23 van links naar rechts: geweven mat, geperste kokosmat met drager (non-geweven) en de kokosrol (Naue, 2023)	45
Figuur 24 Toepassingen gewoven kokosmat (Naue, 2023)	45
Figuur 25 Toepassingen niet-geweven kokosmat (Naue, 2023)	46
Figuur 26 toepassingen kokosrol (Naue, 2023)	46
Figuur 27 Hennep plant (natuurstoffen)	50
Figuur 28 Vezelvlas plant (biobasedgarden)	50
Figuur 29 BASE-elements (BESE-products, 2023)	54
Figuur 30 Voorbeeldproject kusterosie (Teunis, 2019)	55
Figuur 31 Voorbeeld pilot BASE-elementen beschoeiing (Teunis M. , 2022)	55
Figuur 32 Materiaaleigenschappen jute geotextiel voor erosie door regen en wind (ludlowjute, 2023)	82
Figuur 33 Materiaaleigenschappen jute geotextiel voor scheiding en filtratie (ludlowjute, 2023)	83
Figuur 34 materiaaleigenschappen jute geotextiel en verpakking (Naue, 2023)	83

Figuur 35 Materiaaleigenschappen jute, Van Aalsburg (vanaalsburgbv, 2023)	84
Figuur 36 Materiaaleigenschappen non-woven kokos geotextiel (Joosten kunststoffen, 2023)	85
Figuur 37 materiaaleigenschappen geweven kokos matten (Ockels, 2023)	85
Figuur 38 Materiaaleigenschappen kokosvlies (niet-geweven) (Ockels, 2023)	86
Figuur 39 Materiaaleigenschappen geweven kokos netten (Naue, 2023)	86
Figuur 40 Materiaaleigenschappen niet-geweven matten (Naue, 2023)	86
Figuur 41 Materiaaleigenschappen kokosrollen (Naue, 2023)	87
Figuur 42 Offerte Ockels Sophia polder (Ockels, 2020)	88
Figuur 43 Materiaaleigenschappen BASE-elementen per sheet (Didderen, 2023)	89
Figuur 44 Natuurvriendelijke oevers (Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard, 2022)	90
Figuur 45 Beschoeiing voor natuurvriendelijke oevers (Gardenid, 2023)	90
Figuur 46 Grasoever (Batavodurum, 2023)	90
Figuur 47 Rietoevers (iStock, 2023)	90
Figuur 48 Begroeide oevers (patrick-galle, 2023)	91
Figuur 49 Natuurvriendelijke oevers in combinatie met breuksteen (wierswaterbouw, 2023)	91
Figuur 50 Rollen beschoeiing (TEFAB, 2023)	91
Figuur 51 Wilgentenen beschoeiing (van Aalsburg , 2023)	91
Figuur 52 Houten palen schotten beschoeiing (S.A.M.Schagenbv, 2023)	91

Tabellenlijst

Tabel 1 Pakket van uitgangspunten, eisen en wensen	38
Tabel 2 Jute eigenschappen producten verschillende bedrijven	41
Tabel 3 Score milieufactoren jute	42
Tabel 4 Beperkingen jute geotextiel	43
Tabel 5 Kokos eigenschappen producten verschillende bedrijven.....	46
Tabel 6 Score milieufactoren kokos	48
Tabel 7 Kostenindicatie kokos geotextiel	48
Tabel 8 Beperkingen kokos geotextiel.....	49
Tabel 9 Score milieufactoren jute	52
Tabel 10 Beperkingen hennep en vlas als geotextiel	53
Tabel 11 BASE-elementen eigenschappen	56
Tabel 12 Score milieufactoren biopolymeren.....	57
Tabel 13 Beperkingen biopolymeren als geotextiel.....	58
Tabel 14 Advies materiaalalternatieven voor oeverconstructies.....	61
Tabel 15 Overzicht score op milieufactoren	62
Tabel 16 visualisatie oeverconstructies.....	90

1 Inleiding

1.1 Project omschrijving

1.1.1 Algemeen

De Nederlandse waterschappen zijn verantwoordelijk voor de regionale wateren, zoals kanalen en poldervaarten. Ze zorgen voor schoon en gezond oppervlaktewater en beheren de dijken en oevers binnen deze gebieden. Deze dijken en oevers zijn grotendeels beschermd en versterkt met een oeverbeschermingsconstructie bestaande uit een toplaag en geotextiel of een beschoeiing met geotextiel. Geotextiel is een kunststoffen doek gemaakt uit polymeren (plastic) en wordt op wijze van fabricage onderverdeeld in geweven en niet-geweven doek. Geotextiel heeft veel verschillende functies, het is waterdoorlatend en daarom goed toe te passen als filter- en/of scheidingsmateriaal. Daarnaast is het geotextiel erg sterk waardoor het grote krachten kan opvangen en daarom veel gebruikt wordt voor erosiebescherming en versterking. Het soort geotextiel is sterk afhankelijk van de toepassing, vaak worden de materialen ontworpen naar de functie waar het aan moet voldoen.

1.1.2 Probleemstelling

Het gebruik van geotextiel voor bodem- en oeverbescherming staat op het moment onder druk. Dat komt omdat wanneer geotextiel toegepast wordt in de buitenruimte en onbedoeld bloot komt te liggen de kunststof na enige tijd uiteenvalt door blootstelling aan zonlicht. Hierdoor ontstaan microplastics of slecht oplosbare microdeeltjes die terechtkomen in het milieu. De rivieren nemen de microplastics mee waardoor geotextiel bijdraagt aan de plasticsoep. Daarnaast is er vanuit de overheid het doel gesteld om in 2050 volledig circulair te bouwen. (Weyenberg, 2021) Een alternatief voor geotextiel is voor Nederlandse waterschappen daarom erg interessant.

1.1.3 Project specifiek

Dit project focust zich op het onderzoek van natuurlijke alternatieven voor geotextiel bij waterbouwkundige constructies. Om een meer waarde voor Nederlandse waterschappen te creëren wordt er aan de hand van literatuuronderzoek en gesprekken met o.a. belanghebbende en het waterschap Hollandse Delta de mogelijkheden en kansen voor alternatieven inzichtelijk gemaakt en bepaald. Voorliggend rapport focust zich op oeverbescherming door middel van een beschoeiing met geotextiel en oeverbescherming met een talud bij kleinschalige watergangen waar vegetatie de constructie kan overnemen.

1.2 Doel

Het doel van dit project is om een antwoord te formuleren op de vraag:

Welke materialen kunnen er toegepast worden voor het vervangen van kunststof geotextiel bij beschoeiingen en kleinschalige watergangen?

Om deze hoofdvraag te beantwoorden zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

- Wat is geotextiel en voor welke toepassing is het voor de waterschappen relevant om een alternatief toe te passen?
- Wat zijn de uitgangspunten, eisen en wensen die meegenomen moeten worden bij het bepalen en analyseren van alternatieven bij kleinschalige watergangen?
- Welke natuurlijke materialen zijn er nu en in de toekomst mogelijk voor het vervangen van kunststof geotextiel bij beschoeiingen en kleinschalige watergangen?
- Welk alternatief is voor welke oeverconstructie het meest relevant?

Het doel hierbij is door het onderzoeken van duurzaamheidsoplossing voor geotextiel plasticsoep en milieueffecten geminimaliseerd kunnen worden.

1.3 Methodologie

Voor dit onderzoek wordt een kwantitatief onderzoek uitgevoerd en maakt gebruik van zowel deskresearch als fieldresearch voor het verzamelen van data. Door middel van gesprekken met leveranciers, producenten en het waterschap Hollandse Delta wordt waardevolle informatie verkregen en worden bevindingen geformuleerd. Een gedetailleerde onderzoeksopzet is opgenomen in Bijlage 1 Werkplan.

1.4 Leeswijzer

Dit onderzoeksrapport bestaat uit acht hoofdstukken en vier bijlage. In hoofdstuk 2 tot en met 5 wordt antwoord gegeven op de deelvragen.

Hoofdstuk 2 bestaat uit vooronderzoek, hierin wordt geotextiel geïntroduceerd en de toepassingen ervan toegelicht. Daarnaast zijn er praktijkvoorbeelden opgenomen waar een natuurlijk alternatief voor kunststof geotextiel wordt toegepast.

Hoofdstuk 3 beschrijft de uitgangspunten, eisen en wensen waar rekening mee gehouden moet worden bij het ontwerpen van een natuurlijk alternatief.

Hoofdstuk 4 gaat in op de verschillende materialen die geschikt zijn als alternatief en welke materialen er geschikt zouden kunnen zijn in de toekomst.

Hoofdstuk 5 geeft een advies over welke materialen voor welke oeverconstructie het meest relevant is.

De daaropvolgende hoofdstukken zijn de conclusie, discussie en de aanbevelingen.

Tot slot zijn er vier bijlage waarvan de eerste het werkplan, de tweede de reflectie, de derde extra informatie over de alternatieven materiaal bevat en de vierde de oeverconstructies visualiseert.

2 Introductie geotextiel en afbakening

In dit hoofdstuk wordt geotextiel geïntroduceerd; welke type filterconstructies er zijn, waar geotextiel wordt toegepast, wat de toepassingen zijn en er wordt onderbouwd welke varianten, op welke locatie relevant zijn om te vervangen voor een natuurlijk alternatief. Dit hoofdstuk geeft antwoord op de eerste deelvraag: Wat is geotextiel en voor welke toepassing is het voor de waterschappen relevant om een alternatief toe te passen?

2.1 Algemeen

Voorliggend rapport focust zich alleen op de toepassing van geotextiel in waterbouwkundige constructies (oeverbeschermingsconstructies). De reden hiervoor zijn de negatieve gevolgen van waterbouwkundig geotextiel op het milieu door verwerking. Voor deze toepassing hebben geotextiel kunststoffen veel verschillende functies; bevorderen van stabiliteit, het scheiden van lagen, filteren, en erosiebestrijding. Het type textiel of grid is afhankelijk van de toepassing. (JSTN groep kunststoffen, 2023) In deze paragraaf wordt dit verder toegelicht.

2.1.1 Type filters

Oeverbeschermingsconstructies bestaan bijna altijd uit een toplaag (bijvoorbeeld steenbekleding), een basismateriaal en een filterconstructie of bestaan uit een vorm van beschoeiing. Er zijn twee type filterconstructies, eentje bestaande uit granulair materiaal en de andere uit geotextiel. Het type filter wat toegepast moet worden hangt af van de functie, ondergrond, toplaag, hydraulische belasting en de uitvoeringswijze. (F. Bakker, 2012)

Granulair filter

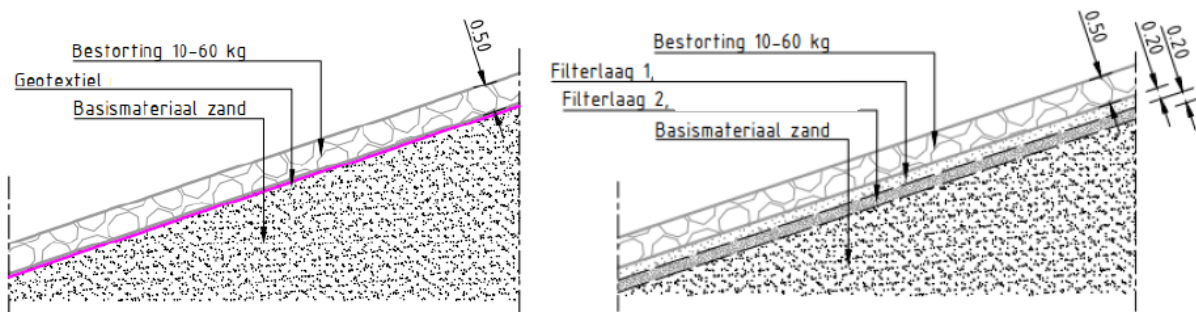
Een granulaire filter is een filterconstructie door een geleidelijke overgang te creëren tussen de basisgrondlaag (zandige- of kleibodem) en de toplaag (bijv. stortsteen). De lagen zijn van onder naar boven opgebouwd naar steeds grover materiaal. De grofste laag wordt gedimensioneerd door de stroomsnelheid. Wanneer de stroomsnelheid toe neemt kan het bovenste materiaal gemakkelijker meegenomen worden, er moeten dan grotere stenen geplaatst worden als toplaag om erosie te voorkomen (J. Witteman, 2021)

Er zijn twee soorten granulaire filters dit zijn geometrisch dichte filters en geometrisch open filters. Het geometrisch dichte filter zorgt ervoor dat er geen transport van korrels uit de basisgrondlaag optreedt ongeacht de grootte van de hydraulische belastingen. De openingen zijn hier dusdanig klein dat er geen korrels van de basisgrondlaag uitspoelen door het filter. Echter bij het geometrisch open filter zou het onderliggende materiaal wel fysiek door de filterconstructie kunnen transporteren. De filterlaag en/of toplaag wordt daarom extra dik gemaakt. Dit zorgt ervoor dat de kritieke belastingen groter zijn dan de hydraulische belastingen en er daarom geen transport plaatsvindt. (F. Bakker, 2012) (S. de Visser MSc, 2022)

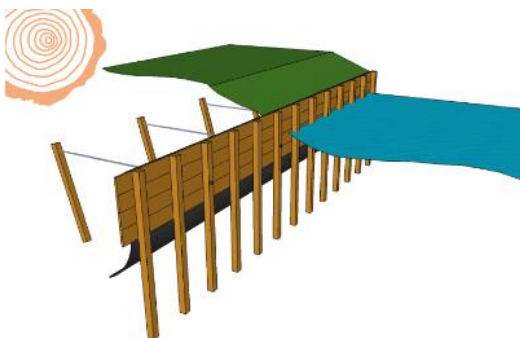
Geotextiel filter

Een geotextiel filter is een modernere filterconstructie van een laag geotextiel (kunststof) die de constructie stabiliseert, het transport van zand voorkomt en water doorlatend is waardoor er geen drukverschil kan opbouwen. Een ander voordeel van geotextiel is dat de opbouw van de constructie geen verschillende steensorteringen nodig heeft en daarmee materiaal bespaard. Daarnaast heeft het geotextiel ook veel functies, deze worden toegelicht in sub paragraaf 2.1.2. Geotextiel is onder te verdelen in verschillende soorten; non gewoven, gewoven, composieten, geogrids, structuurmatten, geomembranen en folies afhankelijk van de functie waarvoor ze toegepast worden. In paragraaf 0 worden de geotextielen verder toegelicht afhankelijk van grondstof, namelijk: kunststof geotextiel en biobased geotextielen.

In Figuur 1 zijn voorbeelden te zien hoe het geotextiel in de praktijk wordt toegepast bij oeverbeschermingsconstructies met een schuin talud en Figuur 2 bij een beschoeiing.



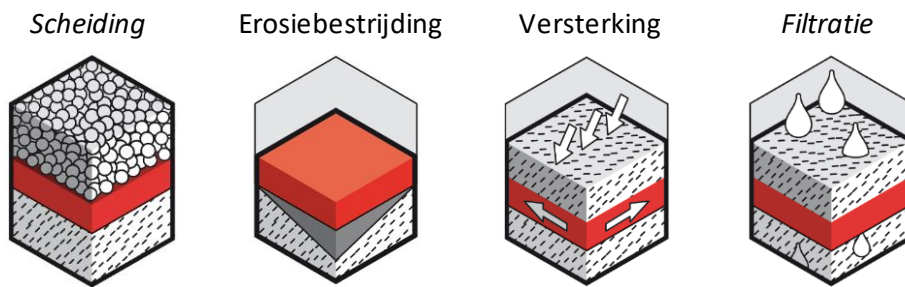
Figuur 1 Voorbeelden oeverbeschermingsconstructies met links een geotextiel filter en rechts een granulair filter (S. de Visser MSc, 2022)



Figuur 2 Voorbeeld geotextiel bij beschoeiing (Mark, 2018)

2.1.2 Locaties en toepassing van geotextiel

Geotextiel wordt zowel in de grond-, weg- en waterbouw toegepast, echter zoals eerder genoemd is wordt er alleen gekeken naar waterbouwkundige constructies vanwege de impact op het milieu. Geotextiel wordt veel gebruikt om oevers, dijken en kribben te versterken met als doel de rivier in goede banen te leiden en de stabiliteit van de constructie op lange termijn te vergroten. Deze oeverbeschermingsconstructies bestaan meestal uit zand of grond, afgedekt met beschermende toplaag met daartussen een geotextiel kunststof. (Rijksoverheid, 2022) Daarnaast wordt bij beschoeiing geotextiel vaak toegepast om de uitspoeling van de grond te voorkomen. De functies van geotextiel bij waterkundige constructies zijn in Figuur 3 weergegeven en worden in deze sub paragraaf verder toegelicht.



Figuur 3 Toepassingen geotextiel waterbouwkundige constructies (bontexgeo, 2023)

Scheiding

Het plaatsen van geotextiel zorgt ervoor dat twee lagen van verschillende grond of opvulmateriaal van elkaar worden gescheiden. Door het plaatsen van geotextiel tussen bijvoorbeeld de top laag en de zand laag wordt er voorkomen dat er zand tussen de stenen door verdwijnt en de constructie bezwijkt. In de vorm van beschoeiing geldt dit ook, daarnaast is geotextiel waterdoorlatend waardoor er geen negatieve waterdruk op de constructie komt te staan. Voor deze toepassing wordt meestal een non gewoven geotextiel toegepast.

Erosiebestrijding

Het plaatsen van geotextiel zorgt er ook voor dat de constructie beschermd is tegen erosie door wind, oppervlaktewater en/ of neerslag. Het geotextiel bevindt zich tussen de top laag en de basisgrond laag op deze manier wordt erosie van de basisgrond laag voorkomen. Voor deze functie wordt een gewoven geotextiel toegepast.

Versterking

Het geotextiel zal door interactie met de grond een versterkend element in de constructie vormen om trekkrachten op de constructie beter te weerstaan. (bontexgeo, 2023) Door het plaatsen van geotextiel met als functie versterking is het ook mogelijk om op slappe lagen een talud te realiseren of steile hellingen te creëren. Geogrids kunnen hier zorgen voor extra stabiliteit en verhoogd de draagkracht van de constructie.

Filtratie

Geotextiel als filtratie zorgt ervoor dat het grondwater vrij kan stromen en voorkomt dat de gronddeeltjes gaan bewegen. Dit zorgt ervoor dat er geen uitspoeling door grondwaterstroming plaats kan vinden en de grondwaterdruk niet te hoog wordt. Ook hier wordt een non gewoven geotextiel geadviseerd. (JSTN groep kunststoffen, 2023)

Elke situatie is anders, er zijn daarom veel mogelijkheden en combinaties van geotextiel en toepassingen mogelijk.

2.2 Geotextiel bij talud

In deze paragraaf worden de verschillende soorten taluds in combinatie met geotextiel bij kleinschalige oeverwerken toegelicht. Grootschalige beschermingsconstructies worden hier buitenwegen gelaten vanwege irrelevantie voor dit onderzoek. Deze constructies vragen naar een ander soort doek met grotere sterkte en levensduur. Daarom vallen grootschalige beschermingsconstructies buiten de scope van dit onderzoek. De verschillende soorten taluds die toegelicht worden zijn: Taluds met een grasmat, taluds met vegetatie of beplanting en taluds met een breuksteen.

2.2.1 Talud met een grasmat

Omschrijving van het materiaal

Een talud met een grasmat bestaat van boven naar onder eerst uit een graszoden. Dit is een dichte kant-en-klaar mat van grasplanten, inclusief de wortels en een laagje aarde. De meeste matten zijn vaak meer dan een jaar oud voor dat ze volgroeid zijn om geoogst te worden. Onder de grasmat wordt het geotextiel geplaatst met als functie erosiepreventie en stabilisering van het talud. Onder het geotextiel bevindt zich een grondlaag. Deze kan bestaan uit de natuurlijke bodem of een samengestelde voedende grond om de groei van de grasmat te bevorderen. (Rijkswaterstaat, 2023) De grasmat zorgt niet alleen voor een natuurlijke uitstraling maar zorgt er ook voor dat de bodemstructuur wordt versterkt door het wortelnetwerk van de grasmat. In Figuur 4 is een voorbeeld van een talud met een grasmat weergegeven.



Figuur 4 Voorbeeld talud met grasmat (Salix, 2015)

Levensduur

De exacte levensduur van een talud met grasmat is erg moeilijk te bepalen en is afhankelijk van verschillende factoren, deze zijn:

- De kwaliteit van de graszoden
- Installatie van de graszoden en voorbereiding van de ondergrond
- Geregeld beheer en onderhoud
- Klimaatomstandigheden

Wanneer er goed rekening gehouden wordt met deze factoren heeft de constructie een erg lange levensduur. Naar schatting 10 tot 20 jaar of langer.

Toepassingsmogelijkheden

De toepassingsmogelijkheden van een talud met een grasmat zijn erg groot ook buiten oeverbescherming. Wanneer er behoefte is aan erosiepreventie, stabilisering en een natuurlijke uitstraling kan een talud met een gras mat goed worden ingezet. De verschillende toepassingen zijn:

- Weg- en spoorwegtaluds
- Hellingen bij waterlichamen
- Dammen en dijken
- Stedelijke landschapsarchitectuur

Echter waar rekening mee gehouden moet worden is bij oeverbeschermingsconstructies met ruige omstandigheden (grote golfslag, hevige stroming, etc.) de grasmat niet altijd voldoende beschermd. Afhankelijk van de projecteisen, locatie en omstandigheden kan een grasmatconstructie geadviseerd worden.

Uitvoering

Eerst wordt de grond van het talud voorbereid en glad gemaakt. Vervolgens kan het geotextiel geplaatst worden en de graszoden. De graszoden dient voldoende bodemcontact te houden voor het zorgen van goede worteling en daarom een lange levensduur.

Beheer en onderhoud

Eerder is genoemd dat beheer en onderhoud erg belangrijk is voor het verlengen van de levensduur. Dit houdt in regelmatig, maaien, bewateren, bemesten en controleren op onkruid en ziektes. Een goede waarborging zorgt ervoor dat problemen voorkomen worden.

Milieuaspecten

Een biologische graszoden heeft geen nadelige gevolgen voor het milieu omdat het nauwelijks tot geen chemicaliën gebruikt bij het productieproces. Ook tijdens het kweken wordt er gebruik gemaakt van organische meststoffen en geminimaliseerd in de hoeveelheid bestrijdingsmiddelen. (Topgazon, 2023) Er wordt daarom geadviseerd bij het plaatsen van een talud met een grasmat om de keuze te maken voor een biologisch gekweekte graszoden. Daarnaast is een grasmat talud op ecologisch gebied erg voordelig. In het gras leven verschillende organismen en de overgang van bijvoorbeeld water op land is voor veel dieren toegankelijker.

2.2.2 Talud met vegetatie en/ of begroeiing

Omschrijving van het materiaal

Naast graszoden kunnen taluds worden beplant of ingezaaid met verschillende soorten vegetatie, zoals riet, struiken, bloemen, maar ook andere grotere grassoorten of normaal gras. Het geotextiel functioneert net als bij het talud met een grasgazon als scheidingslaag en zorgt voor het vasthouden van de grond en het bevorderen van de groei van de vegetatie. Veel soorten constructies waarbij dit

wordt toegepast zijn bijvoorbeeld een terrastalud, plasberm, meertjes, of slootkanten. In Figuur 5 is een voorbeeld weergegeven van de vegetatie op het talud van een slootje.



Figuur 5 Voorbeeld talud met vegetatie (BBC, 2021)

Levensduur

Voor de levensduur van een talud met vegetatie geldt over het algemeen bijna hetzelfde als voor een talud met een grasmat. De installatie van de planten, onderhoud en klimaatomstandigheden zijn belangrijke factoren om rekening mee te houden wat betreft de levensduur. Daarnaast is het inzaaien en de juiste kennis over verschillende planten afhankelijk van de locatie en geschiktheid ook belangrijk om de levensduur te verlengen. De levensduur van talud met vegetatie wordt net als een talud met een grasmat geschat tussen de 10 en 20 jaar of langer.

Toepassingsmogelijkheden

De toepassingsmogelijkheden van een talud met vegetatie zijn iets beperkter omdat er vaak meer ruimte nodig is en een flauwer talud om meer soorten planten te kunnen laten groeien. Bij hellingen van waterlichamen, dammen en dijken met een flauwer talud komt nog steeds het voor. Daarnaast voor natuurvriendelijke oevers is een flauw talud met vegetatie een goede toepassing. Ook hier dient goed naar de projectlocatie en omstandigheden gekeken te worden of het plaatsen van een talud met vegetatie hier de juiste oplossing is.

Uitvoering

Eerst wordt het stuk grond voorbereid, vervolgens naar wens ingezaaid, dan kan het geotextiel geplaatst worden en daarop volgend worden bedekt met eventueel extra grond om het textiel te bedekken.

Beheer en onderhoud

Ook hier dient goed onderhoud uitgevoerd te worden. Wanneer er sprake is van gras, riet of vergelijkbare planten moet er geregeld gemaaid worden om de groei te bevorderen. Snoeien van grote planten en struiken kan ook noodzakelijk zijn om andere planten de ruimte te geven. Inspecties zijn daarom ook hier van belang.

Milieuaspecten

Een talud met vegetatie kan veel winst voor de natuur creëren. Naast een natuurlijke uitstraling is het ook erg goed voor de ecologie er kunnen veel dieren, insecten en andere kleine organismen leven in de omgeving. Bij het creëren van natuurlijke oevers kunnen ook de dieren die zowel in het water als op het land hiervan profiteren. (Stichting vitaal platteland, 2023)

2.2.3 Talud met breuksteen

Omschrijving van het materiaal

Bij taluds die extra bescherming nodig hebben, wordt vaak steenbekleding toegepast als toplaag. Deze bestaat vaak uit breuksteen, breuksteen is een natuurproduct dat kan zijn ontstaan door bijvoorbeeld vertering van gesteente of als stollingsgesteente bij een vulkaanuitbarsting. De verschillende soorten natuursteen die aangeboden worden als breuksteen zijn:

- Basalt
- Graniet
- Zandsteen
- Grauwacke
- Kalksteen

Het geotextiel wordt onder de steenbekleding gebruikt om zowel de steenbekleding op zijn plaats te houden als het binnendringen en uitspoelen van gronddeeltjes te voorkomen. In dit onderzoek wordt er gefocust op kleinschalige oeverwerken, in Figuur 6 is hier een voorbeeld van te zien.



Figuur 6 Voorbeeld oeverbescherming steenbestorting (GEBR-Visscher, 2023)

Levensduur

Ook hier is de levensduur van de constructie moeilijk te bepalen en hangt voornamelijk af hoe de breukstenen geïnstalleerd zijn. Ook de omstandigheden van de locatie kunnen ervoor zorgen dat de stenen eerder zullen verplaatsen waardoor de constructie minder goed beschermd. Naar verwachting zal de levensduur van de constructie erg lang mee gaan en is te vergelijken met de levensduur van het geotextiel. Deze bedraagt tussen de 20 en de 100 jaar, mits deze niet bloot komt te liggen. (Rijksoverheid, 2023)

Toepassingsmogelijkheden

Afhankelijk van de grootte sortering kan breuksteen veel toegepast worden, mits hier de ruimte voor is. De constructie kan het best worden toegepast wanneer er zowel golf- als stroombelasting aanwezig is op de locatie. Bij een talud schuiner dan 1:3 wordt het toepassen van breukstenen afgeraden omdat de stenen dan een kans hebben tot afschuiven. (GWW-boekje , 2004)

Uitvoering

Wanneer de locatie geschikt is gemaakt om het geotextiel te plaatsen worden er vervolgens machinaal of met de hand de breukstenen geplaatst. Dit is afhankelijk van de projectlocatie en de grootte van de stenen.

Beheer en onderhoud

Constructies met breuksteen hebben over het algemeen geen extra onderhoud nodig. Wel is het van belang om de constructie af en toe te inspecteren of de stenen en het geotextiel nog wel op de daar behoren plek liggen en eventueel aanvullen van nieuw materiaal.

Milieuaspecten

Breukstenen maken de overgang van water op land makkelijk waardoor het voor dieren die op het water en op het land leven makkelijker is zich te verplaatsen. Ook voor ter watergeraakte dieren biedt de constructie een uitweg. Daarnaast kunnen er via de dichtgeslibde holtes van het breuksteen oevervegetatie ontstaan en kan plantengroei zich ontwikkelen.

Echter heeft de productie van de breuksteen wel energie nodig en brengt het uitstoot met zich mee. Zo moeten de stenen op maat gemaakt worden en getransporteerd worden van de winningslocatie naar de projectlocatie. (GWW-boekje , 2004) Wel is het mogelijk om eventueel de breukstenen her te gebruiken op een andere locatie.

2.3 Geotextiel bij Soorten beschoeiingen

In deze paragraaf worden de verschillende soorten beschoeiing in combinatie met geotextiel toegelicht. De soorten die hierin uitgesplitst worden zijn schotten beschoeiingen en wilgenhout beschoeiing. Kunststof beschoeiingen worden niet meegenomen omdat die niet waterdoorlatend zijn en dus geen gebruik maken van geotextiel.

2.3.1 Schotten beschoeiingen

Omschrijving van het materiaal

De meest voorkomende beschoeiingen bestaan uit hardhouten beschoeiingen en vaak in combinatie met een zachthouten beschoeiing. In de praktijk is vaak te zien dat de schotten die permanent onderwater blijven vaak van zachthout gemaakt zijn. Dit is goedkoper en zullen ook lang genoeg meegaan.

Zowel tropische als niet-tropische houtsoorten worden toegepast binnen de waterbouw. Een veel toegepaste hardhoutsoort is azobé hout afkomstig uit westelijk tropisch Afrika. Een belangrijke eigenschap van beschoeiingen met houtsoorten is dat ze goed bestand zijn tegen water. Azobé hout kan zonder behandeling in het water geplaatst worden en gaat ongeveer 25 jaar mee. Deze lange levensduur draagt eraan bij dat het hout in duurzaamheid klasse 1 valt, echter is het zo dat de houtsoort op de rode lijst van de IUCN (International Union for Conservation of Nature) geclassificeerd staat als 'kwetsbaar'. (wikipedia, 2023) Naast de lange levensduur is het hout erg hard wat voor een hoge stoot- en wrijvingsweerstand zorgt. Het hout kan daarom ook goed in grote waterbouwkundige constructies worden toegepast. (Hanneke, 2018) In Figuur 7 is een voorbeeld van een beschoeiing met hardhout weergegeven.



Figuur 7 Voorbeeld beschoeiing in Urk met Azobé hardhout (Foreco, 2018)

Er zijn ook veel andere soorten hardhout leverbaar. Angelim vermelho is ook een tropisch hardhout die overeenkomt met azobé en veel toegepast wordt bij beschoeiingen. Andere tropische hardhouten zijn bangkirai, basralocus en bilinga. Uit milieuoverwegingen is het beter om een niet-tropisch hardhout toe te passen, deze zijn nu ook steeds populairder. Het betreft onder andere robinia afkomstig uit duurzaam beheerde bossen in Hongarije. Qua duurzaamheid komt robinia erg in de buurt bij de andere twee tropische houtsoorten, echter is robinia lastiger te bewerken. Ook Europees eiken en tamme kastanje zijn steeds meer in opkomst. (Hanneke, 2018)

De belangrijkste kenmerken die hardhout geschikt maken voor beschoeiing zijn:

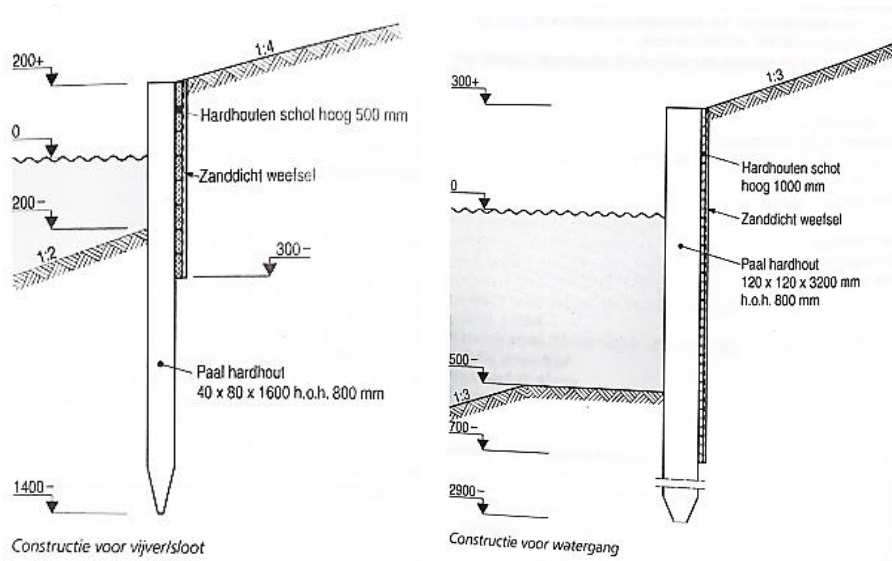
- Grote natuurlijke duurzaamheid; bestand zijn tegen schimmels/ aantasting bij de watergrens waardoor verduurzaming overbodig is;
- Grote sterkte, vooral buigsterkte en elasticiteitsmodulus en hoge slijtvastheid;
- Beschikbaar in grote kopmaten. (CUR, 1999)

Levensduur

De levensduur is afhankelijk van het soort hardhout dat wordt toegepast. Bijna alle soorten hardhout zijn goed bestand tegen weersinvloeden en hebben een levensduur van ongeveer 25 jaar. De praktijk leert dat de daadwerkelijke levensduur langer is en rond de 35 jaar kan liggen. Uit onderzoek blijkt dat de levensduur verlengd kan worden rond de 40 jaar wanneer er een goede detaillering en deksloof wordt toegepast. (Westenberg, 2020)

Toepassingsmogelijkheden

De beschoeiing bestaande uit hardhout worden toegepast bij het keren van lageregelegen grond hoogten, zoals oeverbescherming van vijvers, sloten, watergangen en singelgrachten. (GWW-boekje, 2004) In Figuur 8 zijn dwarsprofielen te zien van zowel de constructie voor een vijver/sloot als voor een watergang. Achter het hardhout wordt een zanddicht weefsel geplaatst wat uitspoeling van de grond en hoge waterdruk voorkomt. Dit weefsel bestaat meestal uit een kunststof geotextiel.



Figuur 8 Weergave dwarsprofiel constructie voor vijver/sloot en watergang. (GWW-boekje, 2004)

Uitvoering

De palen van de beschoeiing worden als eerst geplaatst, vervolgens worden de platen achter de palen geplaatst door middel van het voorgraven van een sleuf in de grond. De platen worden middels draadnagels aan de palen bevestigd. In de bouwfase moet er aandacht besteed worden aan het op de juiste wijze plaatsen van het geotextiel om beschadigingen te voorkomen. Wanneer de constructie niet geheel dicht is dient er een zanddicht weefsel te worden toegepast. (GWW-boekje, 2004)

Er zijn verschillende uitvoeringen van hardhouten mogelijk bij beschoeiingen, deze zijn:

- Paaltjes met opklampste schotten;
- Paaltjes met vlechtmatten;
- Paal/ plankconstructie.

Beheer en onderhoud

Gedurende een groot aantal jaren is er (bijna) geen inspectie nodig omdat er wordt uitgegaan dat de beschoeiing niet aangetast wordt. Echter moet er wel regelmatig plantengroei op het talud worden verwijderd of eventueel het weghalen van zwerfafval. Wanneer de beschoeiing haar functie verliest dient er wel grootonderhoud te worden gedaan dit houdt in eventueel delen vervangen of grond achter de constructie aan vullen. (GWW-boekje, 2004)

Milieuaspecten

Hardhout is in principe een goede duurzame grondstof wanneer het op een verantwoorde manier wordt geproduceerd. Bijvoorbeeld in duurzaam beheerd bosbeheer, hier in zijn de ecologische, sociale en economische waarden in evenwicht gebracht zodat het bos voor meerdere generaties behouden blijft. Verantwoord geproduceerd hout is te herkennen aan een certificaat en/ of keurmerk. Voorbeelden hiervan zijn een FSC-keurmerk, een KOMO-keurmerk of een PEFC-keurmerk. (CUR, 1999) (FSC, 2023)

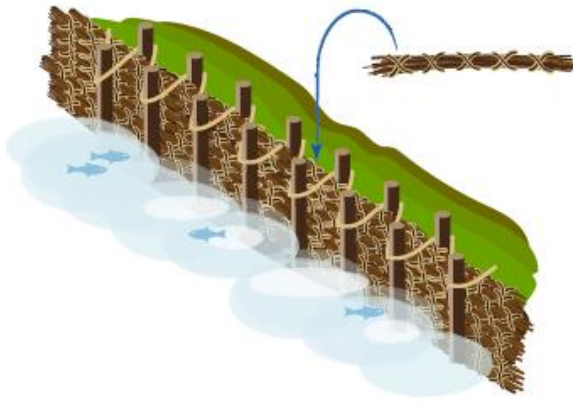
Toch verdwijnen er nog steeds veel tropische bossen en leidt het milieu aan de productie van hardhout. Een goed alternatief zijn de productiebossen binnen Europa zoals Robinia, Eiken en Kastanje. Deze houtsoorten hebben ook een lange levensduur. Ook niet-tropisch hout dient gekeurd te worden voor verantwoord gebruik. (Martina, 2020)

Echter biedt een houten beschoeiing zeer weinig leef mogelijkheden voor flora en fauna in het gebied. Een grote hoogte van land en water zorgt ervoor dat zwemmende of te water geraakte landdieren niet uit het water kunnen komen. Mogelijkheden om dit te voorkomen is het plaatsen van fauna-uitstapplaatsen of een geleidelijke overgang tussen land en water. (GWW-boekje, 2004) (Leijdekker, 2023)

2.3.2 Wilgenhout beschoeiing

Omschrijving van het materiaal

De andere oeverbeschermingsconstructie die in deze paragraaf wordt toegelicht is een beschoeiing van wilgenhout, ook wel wiepen genoemd. Wiepen zijn bundels machinaal in elkaar gedraaid wilgenhout waardoor ze alle dezelfde kwaliteit hebben. De wiepenmachine wikkelt kruislinks twee touwtjes om het wilgenhout, waardoor er ijzersterke houten bundels worden gevormd. Omdat de wiepen strak in elkaar zijn samengeperst hebben ze bijna geen zetting. Dit geeft een groot voordeel voor de constructie en het onderhoud. Een wiep kan 20 meter lang worden en een doorsnee hebben van 5 tot 50 cm. Figuur 9 laat zien hoe de beschoeiing er in de praktijk uitziet. (van Aalsburg, 2023)



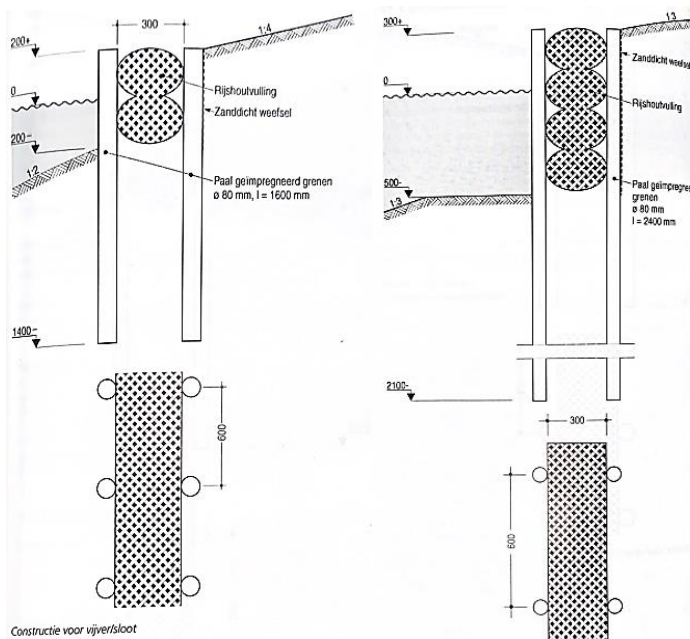
Figuur 9 Voorbeeld van wiepen in beschoeiing (van Aalsburg , 2023)

Levensduur

Wilgenhout heeft naar schatting een levensduur van ongeveer 15 jaar. (van Aalsburg , 2023) Echter is dit in de praktijk moeilijk te zeggen en zal bepaald moeten worden door ervaring. Wel kan gesteld worden dat met periodiek onderhoud (1^e jaar na aanleg aanvullen, daarna om de 4 a 5 jaar terug om eventueel aan te vullen) de levensduur aanzienlijk wordt verlengt. (Leijdekker, 2023)

Toepassingsmogelijkheden

Net als hardhout beschoeiingen worden wilgenhout beschoeiingen ook toegepast bij lager te keren hoogten zoals sloten, watergangen, maar ook als golf brekende beschoeiing bij rietoevers. In Figuur 10 is een constructie weergave te zien van de beschoeiing voor vijvers/ sloten en watergangen. Daarnaast wordt een wilgenhouten beschoeiing ook veel toegepast om natuurvriendelijke oevers te realiseren.



Figuur 10 Dwarsprofiel en bovenaanzicht voor links vijvers/ sloten en rechts voor watergangen. (GWW-boekje , 2004)

Uitvoering

Ook hier worden de palen van de beschoeiing als eerst geplaatst. In dit geval worden er twee rijen geplaatst met een afstand tussen de palen van ongeveer 60cm. Tussen de palenrij worden dan de wiepen geplaatst en vast gezet met een stalen draad aan de palen. Dit zorgt voor een sterke beschoeiing en is tevens ook een effectieve vorm van een natuurlijke oeverbescherming. (van Aalsburg, 2023) Achter de constructie dient ook een zanddicht doek te worden geplaatst om verplaatsen van grond te voorkomen. Dit doek kan weer bestaan uit geotextiel of een duurzamer alternatief afhankelijk van de te keren grond en de toepassing van de beschoeiing. In Figuur 11 van paragraaf 2.5 is te zien hoe deze pilot wilgenbeschoeiing met jute doek wordt geplaatst.

Beheer en onderhoud

Zoals eerder is genoemd zijn wiepen al samengeperst wat ervoor zorgt dat er minder zetting optreedt door golfslag, stroming, verwerking en/ of verrotting. Ook kan het volume van de wiepen veranderen doordat de constructie onder zijn eigen druk inkrimpt. Omdat de wiepen al samengeperst zijn is er minder onderhoud nodig over de gehele levensduur van de beschoeiing. Wiepen verzakken echter wel een beetje, daarom moeten de wiepen na 10 jaar bijgevuld worden. (van Aalsburg, 2023) Ook hier moet er wel regelmatig plantengroei op het talud worden verwijderd of eventueel het zwerfafval weggehaald worden.

Milieuaspecten

In vergelijking met hardhouten beschoeiingen is de overgang van water naar land minder abrupt. In sommige gevallen moet er wel nog steeds een uittrede gebouwd worden voor de dieren in het water. Daarnaast kan er tussen de takken van de beschoeiing vegetatie plaatsvinden en is er natuurontwikkeling mogelijk. De wiepen zullen het milieu verder niet aantasten, wanneer ze los zouden raken dragen ze alleen bij aan het drijfvuil. (GWW-boekje, 2004) Voor de productie van wilgenhout zijn velden ingericht om ze te laten groeien, ook deze velden/ bossen moeten gecertificeerd worden voor verantwoord bouwen.

Omdat wiepen relatief weinig onderhoud nodig hebben hoeft er minder vaak gewerkt te worden, ook zijn wiepen makkelijk te verwerken wat ervoor zorgt dat het werk sneller klaar is en er minder mensen voor nodig zijn. Daarnaast kunnen de wiepen CO₂ opnemen. Wiepen van 1 meter en 10 cm diameter kunnen 0,75 kg aan CO₂ opslaan. Dit betekent dat een gemiddelde beschoeiing die bestaat uit 15 meter wiep 11,25 kg aan CO₂ opneemt. (van Aalsburg, 2023)

2.4 Soorten geotextiel

In deze paragraaf wordt er ingezoomd op de geotextielen die toegepast worden. Er wordt hierin onderscheid gemaakt in kunststof geotextielen en biobased geotextiel. Biobased materiaal is hernieuwbaar materiaal afkomstig van biologische oorsprong. Dit houdt in dat de grondstof van het materiaal binnen de levensduur van het materiaal opnieuw kan terug groeien in tegenstelling tot fossiele grondstoffen. (Bruggink, 2015) Daarnaast zijn deze materialen ook biodegradable dit houdt in dat het materiaal afbreekbaar is door natuurlijke processen (micro-organisme, bacteriën, schimmels). Door natuurlijke omstandigheden (in grond, water of lucht) vindt biologische afbraak plaats. (S. de Visser MSc, 2022)

2.4.1 Kunststof geotextiel

Omschrijving van het materiaal

Een geotextiel kunststof is een doek die het transport van zand voorkomt wat er daardoor voor zorgt dat er geen uitspoeling van de ondergrond kan plaatsvinden. Echter is het doek wel waterdoorlatend waardoor er geen overdrukken ontstaan. Geotextiel kunststoffen zijn gewoonlijk te verdelen in drie hoofdsoorten:

- Weefsels: zijn gewoven geotextielen van garen of bandjes, het draadsysteem wordt gekenmerkt door een geordende structuur. Bij weefsels kunnen de volgende soorten worden onderscheiden:
 - o Gazen: bestaande uit ronde enkelvoudige garens, met relatief een grote opening tussen de draden (0,1 – 1 mm);
 - o Doeken: zijn vervaardigd uit afzonderlijke draden die bestaan uit veel dunne draden. De openingen zijn vrij klein (0,1 – 0,3 mm);
 - o Bandjesweefsel: bestaat uit platte bandjes die gemakkelijk te splijten zijn. Deze openingen kunnen zeer klein zijn (0,05 – 0,6 mm);
 - o Matten: weefsels vervaardigd uit het algemeen dikkere ronde garen, die goed splijtbaar zijn. De openingen zijn meestal groot (0,2 – 1 mm). (Rijksoverheid, 2023)
- Vliezen: is een non-woven geotextiel waarbij geen garen worden gebruikt. Het materiaal wordt als vezel of filament in een vlies gelegd en daarna mechanisch, chemisch of thermisch aan elkaar gehecht. (JSTN groep kunststoffen, 2023)
- Composieten: combinaties van weefsels en vliezen.

Voor de productie van geotextiel kunststoffen worden voornamelijk polymeren gebruikt onderverdeeld in:

- Polyester (PET)
- Polypropyleen (PP)
- Hoge-dichtheid polyethyleen (HDPE)
- Lage-dichtheid polyethyleen (LDPE)
- Polyamide (PA)

Andere geokunststofproducten die onderscheiden kunnen worden zijn:

- Geogrids: worden vaak gebruikt voor het stabiliseren van de ondergrond of funderingswapening. Geogrids zijn gaasachtige weefsels of sterk gevormde rasters met zeer grote openingen;
- Structuurmatten: zijn matten met een driedimensionale structuur. De matten kunnen worden gevuld met steenslag of grond. Om de matten te wapenen kan er eventueel aan de onderzijde een geogrid of geotextiel worden geplaatst;
- Geomembranen en folies: zijn kunststoffen die bestaan uit een waterdicht folie of geotextiel door de toevoeging van een coating. Een combinatie van een geomembraan en een folie met weefsels of vliezen zorgt voor een gewapend geomembraan of folie. (Rijksoverheid, 2022)

Levensduur

De levensduur van geotextiel kunststoffen (PET, PP, PE en PA) is tussen de 20 en de 100 jaar. (Rijksoverheid, 2023) Bij dijken geldt als randvoorwaarde dat de dijkbekleding een levensduur van minimaal 50 jaar heeft. Waardoor het geotextiel dus ook. (F. Bakker, 2012)

Toepassingsmogelijkheden

Zoals eerder is genoemd is geotextiel bij oeverbeschermingsconstructies voor alle watertypen van belang van kleine wateren tot meren en kanalen. Omdat geotextiel kunststof een lange levensduur heeft en erg sterk is wordt het veel toegepast bij de stabilisering en bescherming van dijken, kribben, oevers, beschoeiing en wordt het ook bij bodembescherming toegepast. Voor de toepassing als kraagstuk/ zinkstuk worden de weefsels geleverd met ingeweven lussen voor het bevestigen van wiepen. (CUR, 1999)

Uitvoering

Om continuïteit en bescherming te waarborgen wordt het geotextiel met een bepaalde mate van overlap aangebracht op de daarvoor bestemde locatie. In de bouwfase bij constructies met een talud is het van belang dat de beschermende toplaag goed in contact staat met de kunststof om zo opbolling van waterdruk te voorkomen. Eventueel kan het geotextiel of andere geokunststoffen op zijn plek worden gehouden door het plaatsen van pennen. (CUR, 1999) Bij het plaatsen van geotextiel moet extra aandacht besteed worden aan de montage omdat om het beschadigen van de kunststof te voorkomen.

Beheer en onderhoud

Door regelmatige inspecties te doen wordt er gecontroleerd of het geotextiel nog steeds voldoet en of het op de juiste plek ligt. Eventueel blootliggend geotextiel dient weer te worden afgedekt om rafeling en verwerking te voorkomen. Daarnaast is het voor natuurvriendelijke oevers van belang om rekening te houden met terugkerend maaionderhoud voor het bevorderen van de planten groei. Bij het uitvoeren van machinaal onderhoud dient er voorzichtig te werk te gaan om het geotextiel niet te beschadigen. (CUR, 1999) (GWW-boekje, 2004)

Milieuaspecten

Bij het productieproces van kunststoffen komen veel broeikasgassen vrij omdat kunststof geproduceerd wordt uit aardolie. Naast de productie draagt ook (zwerf)afval bij aan

klimaatverandering. Wanneer de kunststof blootgesteld wordt aan zonlicht komen er scheurtjes in het oppervlak waardoor de broeikasgassen methaan en etheen vrij komen. (Abbing, 2018)

Dit geldt ook voor geotextiel kunststoffen. In principe is geotextiel niet zichtbaar in de constructie, echter is dit helaas vaak wel het geval. Het geotextiel breekt af door zonlicht waardoor er (micro)plastics in het oppervlaktewater terechtkomen en bijdragen aan de plasticsoep.

Voor ecologische aspect is de doorgroeibaarheid van het geotextiel belangrijk wanneer het op een talud geplaatst wordt. Planten en diertjes kunnen zich dan door de kunststof bewegen. (CUR, 1999)

Kosten

De gemiddelde kosten van kunststof geotextiel kunnen variëren afhankelijk van verschillende factoren, zoals de kwaliteit, het type geotextiel en de leverancier. Over het algemeen liggen de kosten voor kunststof geotextiel tussen de €1 en €5 per vierkante meter. (wildkamp, 2023) Voor nauwkeurige en actuele prijsinformatie is het raadzaam om contact op te nemen met leveranciers of producenten van geotextiel.

2.4.2 Algemeen Biobased biodegradable geotextiel

Omschrijving van het materiaal

Vanuit het beleid van de overheid is het doel opgesteld om in 2050 volledig circulair te bouwen. De behoefte van natuurlijke materialen neemt daarom ook toe. Materialen als alternatief voor geotextiel die in de praktijk worden getest zijn voornamelijk jute- en kokosmatten. Jute is een natuurlijk vezel afkomstig van de jute plant, jute wordt voornamelijk geïmporteerd vanuit India en Bangladesh. Van deze vezels worden draden gemaakt en verwerkt tot weefsels. Kokosvezels vormen een restproduct bij de productie van kokosolie voornamelijk in Zuidoost-Azië. Van deze vezels worden ook draden gemaakt en verwerkt tot weefsels en/ of vliezen. (GWW-boekje , 2004)

Jute- en kokosmatten zijn gemaakt van hernieuwbare grondstoffen waardoor er voldoende grondstof van zal zijn wanneer er op een verantwoorde manier wordt geproduceerd. Daarnaast worden de matten biologisch afgebroken wat ervoor zorgt dat ze niet meer verwijderd hoeven te worden en er geen schadelijke stoffen in het milieu komen, mits er geheel gebruik is gemaakt van natuurlijke materialen. Pesticiden en eventueel verbindingsgaren of pennen dienen niet of op een natuurlijke manier te worden toegepast.

Vergelijkbare plantaardige materialen die ingezet zouden kunnen worden voor geotextiel of in combinatie gebruikt kunnen worden zijn:

- Cellulose: is de meest organische polymeer verbinding afkomstig uit de celwanden van planten en wordt vaak in combinatie met andere stoffen gebruikt in de textielindustrie;
- Vlas: De stengels van het vlas worden gebruikt bij de productie van linnen en van het houtige restproduct worden vliezen gemaakt;
- Hennep: is een eenjarige plant waarvan de vezels worden toegepast voor de productie van duurzaam textiel;
- Houtwol: komt vrij bij het kappen/ snoeien van hout en kan alleen of samen met jute worden toegepast als alternatief voor geotextiel;
- Riet: is erg sterk en kan verwerkt worden in matten;

- Stro: is een restproduct van de productie van graan en kan ook verwerkt worden in alternatieve voor geotextiel;
- Sisal: is een tropische vezel afkomstig uit Brazilië, Kenia en Tanzania. Van deze vezels worden touwen gesponnen en kunnen weefsels en matten worden gemaakt. (GWW-boekje , 2004)

Naast plantaardige alternatieven zijn biologisch afbreekbare kunststoffen ook mogelijk in te zetten als alternatief. Dit zijn kunststoffen (biopolymeren) die zijn gemaakt van hernieuwbare biologisch afbreekbare materialen, zoals bijvoorbeeld van maïszetmeel of aardappelzetmeel. Deze materialen kunnen worden afgebroken door natuurlijke processen en hebben daarom een lagere milieu -impact dan traditionele kunststoffen. Geotextiel gemaakt uit oud textiel of plastic wordt niet meegenomen omdat er dan nog steeds sprake is van vervuilende micro plastics in het milieu.

Levensduur

De levensduur van biobased materiaal verschilt per grondstof en is sterk afhankelijk van de omgevingsfactoren. In eerste instantie vormen biologisch afbreekbare geotextielen een tijdelijke beschermingsconstructie. Het is daarom vooral van belang dat het geotextiel een dusdanig lange levensduur heeft dat plantengroei de beschermingsfunctie overneemt. De levensduur van bijvoorbeeld jute kan tussen de 1 en de 10 jaar liggen afhankelijk van de toepassing. (S. de Visser MSc, 2022) In Hoofdstuk 4 wordt verder ingegaan op de verschillende materialen.

Toepassingsmogelijkheden

De toepassingsmogelijkheden zijn in principe hetzelfde als bij geotextiel kunststoffen alleen omdat de levensduur moeilijk te bepalen is, is niet elk biobased geotextiel toe te passen op elke locatie. Daarnaast heeft niet elk materiaal dezelfde materiaaleigenschappen waardoor het niet dezelfde toepassingen en functies kunnen vervullen als het huidig geotextiel. Ook hier wordt in Hoofdstuk 4 verder onderzoek naar gedaan.

Uitvoering

Voor de uitvoering van biobased geotextiel geldt hetzelfde als voor het kunststof geotextiel.

Beheer en onderhoud

Net als bij kunststof geotextiel kan er door regelmatige inspecties te doen er gecontroleerd worden of het geotextiel nog steeds voldoet en of het op de juiste plek ligt. Er moet gekeken worden of de plantengroei snel genoeg op gang komt die de functie van het biobased geotextiel over kan nemen. Daarnaast is het voor natuurvriendelijke oevers van belang om daarna rekening te houden met terugkerend maaionderhoud voor het bevorderen van de planten groei. Ook hier dient bij het uitvoeren van machinaal onderhoud er voorzichtig te werk te gaan om het materiaal niet te beschadigen.

Milieuaspecten

Bij de productie van biobased geotextiel komen kan er worden aangenomen dat er geen schadelijke stoffen vrij komen. Echter zouden grondstoffen wel getransporteerd moeten worden. Wanneer de matten/ doeken vergaan zal dit geen nadelige gevolgen hebben voor het milieu, mits het materiaal en aanhechtingen geheel natuurlijk zijn opgebouwd. Voor het ecologisch aspect zal er vegetatie

ontwikkeling op de matten makkelijker kunnen ontstaan. Ook kan het materiaal plantengroei juist bevorderen. (GWW-boekje, 2004)

2.5 Afbakening naar beheer waterschappen

Voor dit project wordt er gefocust op het bevorderen van natuurvriendelijke oevers, dit zijn oevers waarbij naast de functie van het keren van water ook rekening gehouden wordt met de natuur en de dieren. Er is voor dit focusgebied gekozen omdat in de praktijk geotextiel hier vaak onbedoeld bloot komt te liggen en daarom een probleem is voor de natuur. Vanuit gesprekken met het waterschap Hollandse Delta en belanghebbende is de keuze gemaakt om daarom te focussen op een alternatief voor geotextiel in combinatie met beschoeiingen of kleinschalige oeverwerken langs watergangen/boezemwateren.

Het doel is dat deze natuurvriendelijke oevers zich door hun planten en hun wortels uiteindelijk zelf kunnen beschermen tegen het oppervlaktewater en het weer. Er zal daarom gekeken worden naar de mogelijkheden van geotextiel die voor oeverbescherming zorgt terwijl tegelijkertijd de groei van de planten bevordert wordt. Dit geotextiel zal ervoor zorgen dat uitspoeling van grond en hoge waterdruk wordt voorkomen. De alternatieven die onderzocht en vergeleken worden zijn voor meerdere Nederlandse waterschappen relevant en kan daarom op meer locaties aantasting van het milieu door kunststof geotextiel worden voorkomen.

Het waterschap Hollandse Delta heeft al een eerste stap in de goede richting gezet door een pilot te starten met een beschoeiing van wilgenhout en jute doek. Echter is hier nog weinig over bekend wat de daadwerkelijke effecten en resultaten zullen zijn. Deze pilot wordt uitgevoerd aan de Vroonweg in Middelharnis, dit is een kleine watergang, met een lage stroomsnelheid en geen vaarverkeer. De gevolgen zijn hier minimaal als de beschoeiing faalt. Figuur 11 laat de huidige situatie van de beschoeiing zien en de wilgenbeschoeiing met het jute doek die huidige beschoeiing zal vervangen. Omdat de waterstand nog door het winterseizoen laag is, is nu goed te zien dat in de huidige situatie het geotextiel blootligt ondanks de houten planken tussen de palen.



Figuur 11 Huidige beschoeiing en nieuwe beschoeiing van gevlochten wilgenhout, met kastanje houtenpalen en jute doek (Hart, 2023)

In Figuur 12 wordt het oude geotextiel en de oude palen tegenover de nieuwe palen en het wilgenhout getoond. Hierin zijn de rafelingen van het geotextiel ook goed zichtbaar.



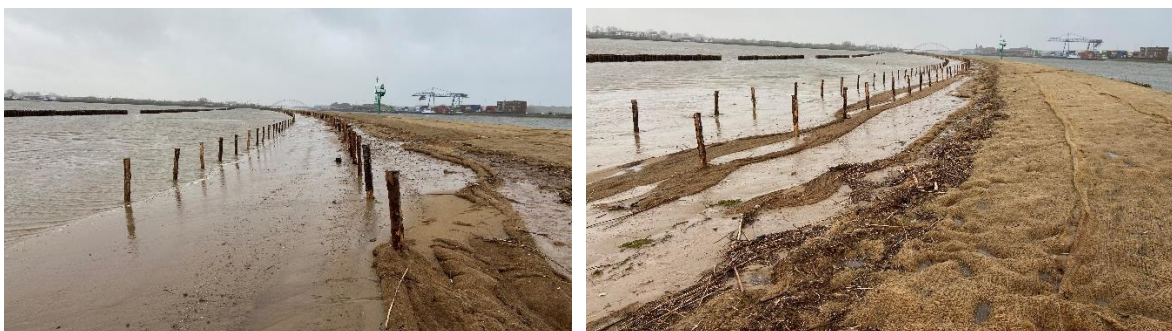
Figuur 12 Het oude geotextiel en palen tegenover de nieuwe palen en wilgenwiepen (Hart, 2023)

Figuur 13 Laat een ander voorbeeld zien van hoe geotextiel nu vaak geplaatst is. Er zijn hier enkel houten palen geplaatst waar het geotextiel tussen gespannen is. Het geotextiel is in deze situatie niet bedekt met houten planken en zoals te zien is, is het al erg aangetast of helemaal weggespoeld.



Figuur 13 Voorbeeld verweerd en weggespoeld geotextiel tussen palen van de beschoeiing (Hart, 2023)

Een ander voorbeeld is de erosiebeschermingsconstructie bij het natuurgebied Sophiapolder er is hier zowel een rijshouten dam als een kokosmat geplaatst. Door de dam worden de eerste golven gebroken en de kokosmatten worden geplaatst om hier het opkomende gras te beschermen. Daarnaast is er voor de dijk een vier meter strook riet aangelegd met een antivraat constructie. Door de getijdewerking blijven de kokosmatten minder goed zitten, dit is ook te zien in Figuur 14. Om dit te voorkomen zijn er houten pinnen geplaatst.



Figuur 14 Voorbeeld Sophiapolder na plaatsing kokos matten 2021 (Haan)

In Figuur 15 is de huidige situatie te zien, er is goed te zien hoe het riet is opgekomen en dat de antivraatconstructie nog op zijn plek zit. Deze moet ook minimaal drie jaar blijven zitten. Ook is de rijshoutendam nog goed intact. Op sommige plekken is wel te zien dat de dam alweer aangevuld kan worden met nieuwe wiepen.



Figuur 15 Voorbeeld Sophiapolder 2023, rijshouten dam en riet (Hart, 2023)

In Figuur 16 de kruin van de dijk te zien met, het gras is op de meeste plekken volledig door de kokosmatten gegroeid. Op enkele plekken zie je de kokosmatten nog zitten, voornamelijk aan de oostzijde (zie rechterplaatje)



Figuur 16 Voorbeeld Sophiapolder 2023, grasbekleding dijk en resten kokosmatten (Hart, 2023)

2.6 Samenvatting

In dit onderzoek wordt er gefocust op de toepassing van geotextiel bij kleinschalige oeverwerken, dit houdt in kleine taluds langs rivieren, sloten en meren, beschoeiingen en natuurvriendelijke oevers. Er wordt alleen gekeken naar geotextiel bij waterbouwkundige constructies vanwege de negatieve gevolgen op het milieu. Voor deze toepassing hebben geotextiel kunststoffen veel verschillende functies; bevorderen van stabiliteit, het scheiden van lagen, filteren, en erosiebestrijding. Het type textiel of grid is afhankelijk van de toepassing. Geotextiel wordt zowel toegepast bij een constructie met een talud als bij een beschoeiing. Bij een talud wordt het geotextiel tussen de toplaag en de grondlaag geplaatst ongeacht de bekleding bestaat uit vegetatie of breuksteen. Bij beschoeiingen bevindt het textiel zich achter de constructie bestaande uit bijvoorbeeld een schot of een rijshoutendam. Vervolgens wordt de grond erachter aangevuld. Bij beide toepassingen zorgt het geotextiel dat voor erosiepreventie en stabiliteit. Het geotextiel wordt in twee verschillende soorten materialen onderscheiden, kunststof geotextiel en alternatief biobased biodegradable geotextiel. Het kunststof geotextiel wordt van aardolie gemaakt en het alternatief van hernieuwbare en biologisch afbreekbare materialen. Echter is de levensduur van kunststof geotextiel aanzienlijk langer waardoor het vervangen voor een natuurlijk alternatief een uitdaging is.

Nederlandse waterschappen hebben veel wateren die op hun plek gehouden moeten worden. Met kijk op de toekomst en circulair bouwen wordt er in dit onderzoek, onderzoek gedaan naar de biobased biodegradable alternatieven voor geotextiel bij beschoeiingen en kleinschalige oeverwerken langs watergangen/boezemwateren. Deze kleinere constructies komen in minder woeste omstandigheden voor, een biobased biodegradable alternatief is hier een goede optie omdat door opkomst van vegetatie de constructie na enige tijd zichzelf in stand kan houden. Uit gesprekken met het waterschap Hollandse Delta en RPS is er naar voren gekomen dat er niet echt duidelijkheid is wat de mogelijkheden zijn voor de alternatieven van geotextiel. In voorliggend rapport wordt hier verder onderzoek naar gedaan. De uitgangspunten, eisen en wensen van het geotextiel worden eerst vastgesteld, vervolgens worden de materialen onderzocht en hier een advies uitgebracht.

3 Uitgangspunten, eisen en wensen

Dit hoofdstuk beschrijft de uitgangspunten die gehanteerd worden van biobased geotextiel bij het ontwerpen van nieuwe alternatieven. De uitgangspunten, eisen en wensen worden uitgesplitst in: het toepassingsgebied, materiaaleigenschappen, milieu-impact, uitvoering en beheer en de kosten. In dit hoofdstuk wordt er antwoord gegeven op de deelvraag: Wat zijn de uitgangspunten, eisen en wensen die meegenomen moeten worden bij het bepalen en analyseren van alternatieven bij kleinschalige watergangen?

3.1 Toepassingsgebied

Het toepassingsgebied waarop gefocust wordt voor dit onderzoek zijn oeverwerken langs kleine watergangen/ boezemwateren. Het gaat om de oeverconstructies waar in de huidige situatie kunststof geotextiel wordt toegepast. Hierin wordt onderscheid gemaakt in drie verschillende toepassingen:

- Een beschoeiing
- Een natuurlijke oever met talud
- Een gedeeltelijke natuurlijke oever met talud

Er wordt zowel gekeken naar geotextielen achter een beschoeiing als geotextielen op een talud met een natuurlijke toplaag of gedeeltelijk natuurlijke toplaag. Het geotextiel heeft bij deze constructies als hoofdfunctie het scheiden van zand om uitspoeling te voorkomen. Daarnaast heeft het geotextiel hier ook vaak de functie als erosiebescherming en als filtratiedoek.

3.2 Materiaaleigenschappen

Om een goed advies te geven welk alternatief voor welke toepassing kan worden toegepast is het van belang om de materiaaleigenschappen per alternatief in kaart brengen. De materiaaleigenschappen die bij klassieke filterconstructies een rol spelen zijn (F. Bakker, 2012):

- Treksterkte (kN/m^2)
- Rekvermogen (% toename vervorming)
- Doorponsweerstand (kN)
- Perforatieweerstand (Nm)
- Slijtsterkte (% afname treksterkte)
- Karakteristieke openingsgrootte (μm)
- Waterdoorlatendheid (m/s)
- Massa geotextiel (g/m^2)
- Levensduur (jaar)

Echter wordt er voor dit onderzoek specifiek gekeken naar beschoeiingen en kleine natuurvriendelijke oeverbeschermingsconstructies waarbij het geotextiel voornamelijk zal dienen als scheidingsdoek, erosiebescherming en filtratie doek. De doorponsweerstand en de

perforatieweestand zijn hier bijvoorbeeld niet van toepassing. De uitgangspunten, eisen en wensen voor de materiaaleigenschappen zullen afwijken van een klassieke filterconstructie. De reden hiervoor is omdat er per situatie gekeken moet worden welke materiaaleigenschappen er vereist zijn op de project locatie. De materiaaleigenschappen die meegenomen worden zijn:

3.2.1 Biobased/biodegradable

Om een kunststof geotextiel te vervangen voor een natuurlijk milieuvriendelijk alternatief moet het alternatief van natuurlijk hernieuwbaar materiaal zijn gemaakt en biologisch afbreekbaar zijn.

3.2.2 Levensduur

De functie gedurende de levensduur van het geotextiel bepaalt wanneer de constructie zichzelf moet beschermen met bijvoorbeeld een rietkraag of andere plantengroei, wanneer de constructie dit niet kan zal hij falen.

Een biobased, biodegradable geotextiel heeft in principe een minder lange levensduur dan een kunststof geotextiel. Voor dit onderzoek is het belangrijk dat het geotextiel een dusdanig lange levensduur heeft dat het riet of andere planten groei zich kan wortelen op de oever en de beschermingsfunctie van de constructie kan overnemen.

Als er wordt gekeken naar riet is te concluderen dat rietbedingen met een lengte van 1,5 tot 2 meter hoog de oever effectief kan beschermen tegen erosie. Gemiddeld kan riet in een seizoen met een lengte van 90-120 dagen ongeveer 1-2 meter groeien. De exacte hoogte die nodig is, hangt af van de locatie, de stroming van het water en de hoogte van de oever. De groei van het riet is niet alleen afhankelijk van de lengte, maar ook van de dichtheid en de algehele gezondheid van de planten. Een dicht wortelstelsel kan helpen om de grond beter vast te houden en zo de oever beter te beschermen tegen erosie, ook als het riet nog niet de ideale lengte heeft bereikt. Andere planten die die voor dezelfde functie kunnen dienen zijn bijvoorbeeld; moerasplanten, graslanden of bomen en struiken.

Om zeker te zijn dat de planten sterk genoeg zijn wordt een levensduur van minimaal 1 jaar aangehouden. Dit is omdat niet elke plant na dezelfde tijd sterk genoeg is. Bij een grasmat wordt aangehouden om minimaal één groeiseizoen te wachten voordat de grasmat kan worden beschouwd als effectieve bescherming tegen erosie. In sommige gevallen kan het echter langer duren voordat de plantengroei volledig is ontwikkeld daarom is het belangrijk om regelmatig onderhoud te plegen, zoals het maaien en eventueel bemesten, om de groei en de dichtheid van de planten te bevorderen. (floravannederland, 2023)

3.2.3 Gewicht

Het gewicht van het geotextiel kan erg verschillen afhankelijk van het materiaal dat wordt gebruikt. Daarnaast heeft het invloed hoe het doek gespannen is en of de ruimte tussen de draden groot of klein is. Een algemene eis voor de robuustheid van klassieke geotextiel composieten is een minimaal gewicht van 200 gr/m² (Voskamp, 2017). Voor dit onderzoek wordt deze eis ook aangehouden.

3.2.4 Openingsgrootte

De openingsgrootte is afhankelijk van grondsoort, dit heeft zowel met de korrelgrootte als met de samenhang van het grondpakket te maken. Om uitspoeling van de basis laag te voorkomen moet er naar het grondpakket gekeken worden. Daarnaast is het van belang dat er vegetatie ontstaat. Ook hier is de openingsgrootte van belangrijk, de grootte van de openingen zorgen ervoor dat planten gemakkelijk of juist niet kunnen groeien afhankelijk van het doeleinde.

3.2.5 Treksterkte

Geotextiel wordt tijdens het plaatsen strakgetrokken en moet daarom een bepaalde treksterkte op kunnen vangen. Wanneer het geotextiel los aangebracht wordt achter een beschoeiing kan het minder goed aan zijn functie voldoen, waardoor de constructie nog steeds kan bezwijken. Voor een talud is het juist van belang dat de doek de ondergrond volgt en niet te strak aangebracht wordt. Echter moet het doek nog steeds een treksterkte kunnen opvangen. De vereiste minimale treksterkte voor kunststof geotextiel is voor:

- Weefsels ≥ 35 kN/m
- Vliezen ≥ 15 kN/m

Echter is het moeilijk te zeggen of deze eisen van geotextiel bij steenbestorting ook gesteld moeten worden voor een natuurlijk alternatief bij kleine watergangen. Daarom wordt er als uitgangspunt uitgegaan dat de treksterkte voldoende moet zijn om krachten op te nemen tijdens de uitvoeringsfase.

3.2.6 Flexibiliteit (rek)

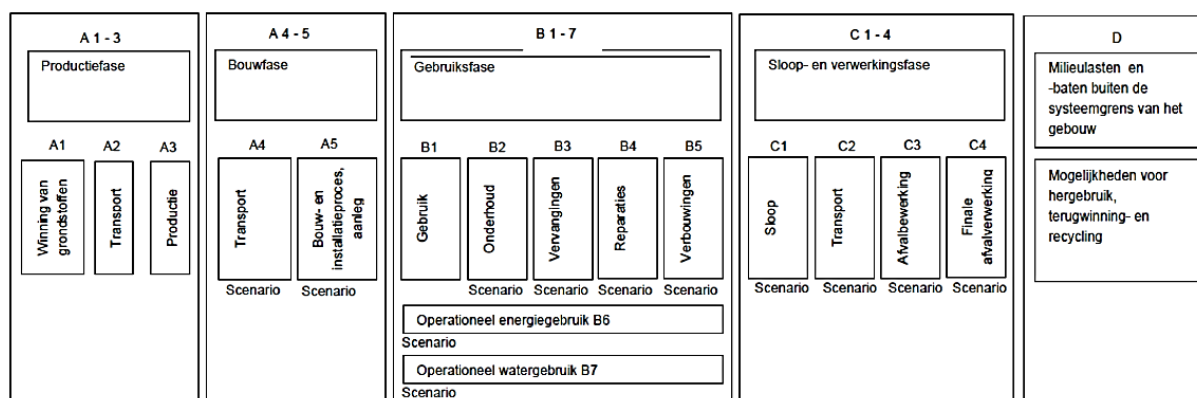
Daarnaast dient het geotextiel ook flexibel te zijn, zodat het zich kan aanpassen aan de locatie waar het wordt geplaatst en hierop goed aansluit. Ook wanneer er eventueel steenbestorting op wordt geplaatst moet er voldoende rek zijn voor vervormingen om de ondergrond te kunnen volgen bij belasting. De minimale vereiste rek voor geotextiel onder steenbestorting is $\geq 60\%$. (Voskamp, 2017) Ook hier geldt dat deze eis niet meegenomen wordt voor natuurlijk geotextiel. Als uitgangspunt geldt dat er voldoende flexibiliteit (Rek) voor vervormingen mogelijk is.

3.2.7 Waterdoorlatendheid

Het is van belang dat het geotextiel waterdoorlatend is om hoge waterdrukken met als gevolg het bezwijken van de constructie te voorkomen

3.3 Milieu-impact

Eerder is genoemd dat de behoefte naar natuurlijke materialen voor de bouw erg toe neemt. Dit is ook niet gek als er ontworpen moet worden naar volledig circulair bouwen voor 2050. Dit onderzoek focust zich verder op biobased, biodegradable materialen als alternatief voor het kunststof geotextiel. Echter niet elk biobased materiaal is per definitie goed voor het milieu. Er wordt daarom niet alleen gekeken naar de afbraak van het materiaal, maar naar de gehele levenscyclus. Deze is weergegeven in Figuur 17.

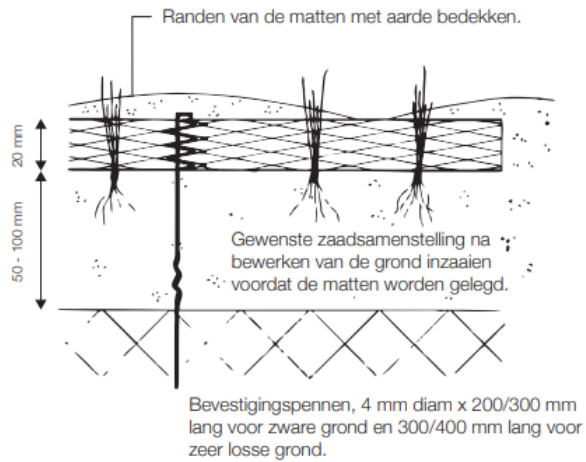


Figuur 17 Levenscyclus producten (Molenaar, 2021)

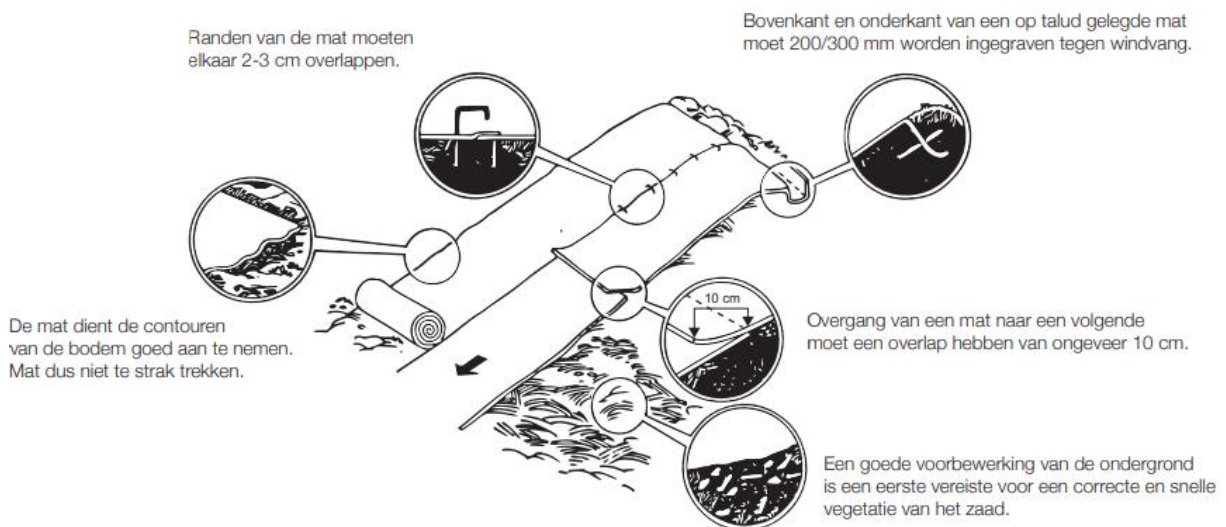
Voor deze cyclus is het van belang dat er goed gekeken wordt naar de eerste fase, de productiefase. Voor elk materiaal zal dit anders zijn en daarom verschillen op milieueffecten. Wanneer producten vanuit het buitenland moeten komen zal dit een andere hoeveelheid emissies hebben dan wanneer de producten in de buurt geproduceerd worden. Naast emissies wordt er ook gekeken naar finaal afval en of dit eventueel schadelijk zou zijn voor de natuur, andere systemen of schadelijk op ecologisch gebied. Naast deze uitgangspunten is het ook belangrijk dat het natuurlijk alternatief bijdraagt aan het bevorderen van vegetatie en de biodiversiteit.

3.4 Uitvoering en beheer

Bij de uitvoering moet rekening gehouden worden dat het natuurlijk geotextiel kwetsbaar is, het moet daarom met beleid geplaatst worden. Daarnaast moet het geotextiel doek met overlap aangebracht worden zodat het over de gele locatie beschermd en er geen gaten ontstaan. Zo zijn er meer installatierichtlijnen, de richtlijnen van de kokosmatten van Joosten kunststoffen worden als uitgangspunten aangehouden. In Figuur 18 en Figuur 19 zijn deze installatierichtlijnen opgenomen. Deze geven een inschatting van de richtlijnen die ook voor andere alternatieve materialen gelden. Afhankelijk van het materiaal kunnen deze richtlijnen afwijken. In het pakket van uitgangspunten, eisen en wensen worden deze richtlijn daarom breder opgenomen, zie paragraaf 3.6 Tabel 1.



Figuur 18 Installatierichtlijnen kokosmatten (Joosten kunststoffen, 2023)



Figuur 19 Installatierichtlijnen kokosmatten (Joosten kunststoffen, 2023)

Voor alle materiaal alternatieven geldt dat voor zowel het talud bij de beschoeiing als bij de een natuurvriendelijk talud de begroeiing regelmatig gemaaid moet worden om de plantengroei te bevorderen. Ook zijn er regelmatig inspecties nodig voor eventuele vervanging of aanvulling van het materiaal. Bijvoorbeeld bij een wilgenhouten beschoeiing moeten de wiepen gedurende de tijd afhankelijk van de omgevingsomstandigheden aangevuld worden. Na het eerste jaar dient er minimaal één inspectie/ controle uitgevoerd te worden.

3.5 Kosten

De kosten worden in kaart gebracht per materiaal alternatief omdat dit doorslaggevend kan zijn voor de keuze om een alternatief wel of niet toe te passen. Waar rekening mee gehouden wordt is de eventuele kostenstijging door milieu factoren. De afweging die gemaakt wordt is hier afhankelijk van. Op basis van belang wordt hier een overwogen keuze in worden gemaakt. Waar rekening mee gehouden moet worden is dat de materialen biologisch afbreekbaar zijn en daarom niet achteraf verwijderd hoeven te worden, dit bespaard kosten.

3.6 Samenvatting

In Tabel 1 zijn de uitgangspunten, eisen en wensen overzichtelijk gemaakt.

Tabel 1 Pakket van uitgangspunten, eisen en wensen

Pakket van uitgangspunten, eisen en wensen			
Integraal aspect	Nr.	Stelling	Eis, Uitgangspunt, Wens
Toepassingsgebied	1	Beschoeiingen	Uitgangspunt
	2	Natuurlijke oever met een talud	Uitgangspunt
	3	Gedeeltelijk natuurlijke oever met een talud	Uitgangspunt
Materiaaleigenschappen	4	Biobased (bestaande uit hernieuwbare materialen)	Eis
	5	Biodegradable (biologisch afbreekbaar)	Eis
	6	Levensduur van 1 jaar	Eis
	7	Minimaal gewicht van 200 gr/m ²	Eis
	8	Openingsgrootte (afhankelijk van grondsoort) voor het voorkomen van uitspoeling van de basis laag	Uitgangspunt
	9	Voldoende treksterkte (in 2 richtingen) om krachten op te nemen tijdens de uitvoeringsfase	Uitgangspunt
	10	Voldoende flexibiliteit (Rek) bij vervormingen om de ondergrond te kunnen volgen bij belasting	Uitgangspunt
	11	Waterdoorlatend	Eis
Milieu-impact	12	Minimaliseren emissies, concentreren op de gehele levenscyclus	Uitgangspunt
	13	Minimaliseren hoeveelheid finaal afval	Uitgangspunt
	14	Voorkomen aantasting milieu	Uitgangspunt
	15	Bevorderen biodiversiteit	Wens
	16	Bevorderen vegetatie	Wens
Uitvoering en beheer	17	Vorbewerking van de ondergrond	Eis
	18	Inzaaien voordat de matten worden geplaatst	Uitgangspunt
	19	Met beleid plaatsen	Wens
	20	Mat niet te strak trekken, mat dient contouren van talud aan te nemen	Uitgangspunt
	21	Geweven en niet-geweven matten plaatsen met overlap in horizontale en verticale richting	Eis
	22	Matten vast zetten met grondpennen	Uitgangspunt
	23	Randen van de mat met aarde bedekken	Eis
	24	Boven- en onderkant talud ingraven tegen windvang	Eis
	25	Na een jaar controleren evt. aanvullen/ verbeteren	Eis
	26	Regelmatig onderhoud begroeiing talud	Uitgangspunt
kosten	27	Kosten afweging op basis van belang	Uitgangspunt
	28	Zo laag mogelijke kosten voor een zo hoog waardig product	Wens

4 Materiaal alternatieven

In dit hoofdstuk worden verschillende mogelijke alternatieven materialen omschreven. Deze materialen zijn over het algemeen al in ontwikkeling als geotextiel of is meer over bekend waarom het een kansrijk alternatief voor kunststof geotextiel zou kunnen zijn. Daarnaast wordt in dit hoofdstuk opgenomen welke alternatieven in de toekomst interessant zouden kunnen zijn, maar nu voor dit onderzoek niet relevant zijn. Afhankelijk van de producent is het combineren van materialen of combineren met andere planten ook een mogelijk alternatief. Vanwege milieu redenen wordt niet gekeken naar het recyclen van oude plastics en textiel omdat het niet het probleem oplost en dus geen goed alternatief zal zijn. De materialen waar in dit hoofdstuk verder op in zal worden gegaan zijn:

- Jute: de ontwikkeling van jutedoek is het verst. Daarnaast zijn er verschillende leveranciers die jute al als geotextiel leveren, deze zijn in dit hoofdstuk opgenomen;
- Kokos: ook op het gebied van kokos zijn er ontwikkelingen en leveranciers;
- Hennep: is echter wat minder bekend, wel wordt hennep gebruikt voor de productie van textiel, daarnaast kan hennep in Nederland geteeld worden.
- Vlas: is een vezelgewas dat al eeuwenlang in Nederland wordt geteeld. Wel bekend als linnen textiel, echter nog niet bekend als geotextiel;
- Biopolymeren: zijn polymeren van natuurlijk hernieuwbare grondstof. Bijvoorbeeld uit houtafval, maisafval of uit aardappelzetmeel. In dit onderzoek wordt ingegaan op BASE-elementen van biopolymeren.

In dit hoofdstuk wordt er antwoord gegeven op de deelvraag: Welke natuurlijke materialen zijn er nu en in de toekomst mogelijk voor het vervangen van kunststof geotextiel bij beschoeiingen en kleinschalige watergangen?

4.1 Jute

Jute is afkomstig van de bastvezel van de jute plant uit het geslacht *Cortecorpus*. Van deze vezels worden ruwe, sterke draden gesponnen. De vezels bestaan voornamelijk uit cellulose en veel lignine (houtstof) uit de celwand van de plant. Op het moment is India het grootste exportland van jute waarop volgend Bangladesh en dan China. (Bottenberg, 2012) Jute komt voornamelijk in vochtige en warme gebieden voor, echter zijn ze ook steeds meer in Europa aan het experimenteren met jute teelt.

Het productieproces van jute ziet er als volgt uit:

Oogsten -> Sorteren -> Bundelen -> Ontbladeren -> Roten -> Vezelwinning -> Wassen -> Drogen -> Sorteren -> Smeren/ verzachten -> Stapelen/ breken -> Spinnen -> Kaarden.



Figuur 20 Jute plantage (Sazal)

In deze paragraaf worden verder de toepassingen van jute als geotextiel, de materiaaleigenschappen van jute als geotextiel, de beschikbaarheid, de impact op het milieu, de kosten en de beperkingen toegelicht.

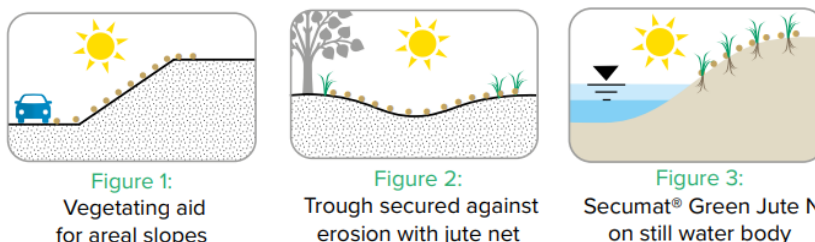
4.1.1 Toepassingen

Van oudsher wordt jute voornamelijk gebruikt als verpakkingsmateriaal in de vorm van jute zakken, ook wordt het veel gebruikt als basisweefsel voor vloerkleden. Jute kan ook gebruikt worden om bomen te beschermen van zonnebrand of dienen als decoratiedoeleinde voor zowel binnen als buiten. Het soort doek wat toegepast moet worden is sterk afhankelijk van de functie. Dit geldt ook wanneer jute als geotextiel wordt toegepast bij een beschoeiing of een natuurvriendelijk talud. Bijvoorbeeld hoe grover het geweven is hoe sneller het zand kan uitspoelen, echter zorgt het er wel voor dat plantengroei gemakkelijker plaatsvindt. In Figuur 21 zijn twee verschillende soorten jute weefsels te zien. Hierin is te zien dat links toegepast kan worden voor het grondkeren achter een beschoeiing omdat het bijvoorbeeld een kleiner geweven doek is. En dat rechts voor het stabiliseren van een talud kan dienen. Echter zijn er ook kleinere geweven doeken op de markt die zanduitspoeling meer zullen voorkomen, deze doeken zijn vaak duurder omdat er meer materiaal voor nodig is. Er moet daarom goed naar de situatie van de projectlocatie worden gekeken welk doek relevant en geschikt is om voor die bepaalde functie toe te passen.



Figuur 21 Jute bij grondkering achter beschoeiingen en stabiliseren talud (Heusden, 2023) (Iudlowjute, 2023)

In Figuur 22 is te zien hoe het jute doek nog meer kan worden toegepast. Hier is te zien dat ook in gevallen van stabilisering zonder water het relevant kan zijn om een jute doek te plaatsen in plaats van een kunststof geotextiel. In deze situaties is het ook belangrijk dat vegetatie de stabilisering van de dijk of talud de constructie kan overnemen, het jute doek zal deze groei ook bevorderen. Een ander aspect waar rekening mee gehouden moet worden voor dit type doek is dat hoewel het in veel gevallen toegepast kan worden, de hellingshoek niet groter mag zijn dan 10°. (Naue, 2023)



Figuur 22 Toepassingen jute doek (Naue, 2023)

4.1.2 Materiaaleigenschappen

Het geschikt maken van jute geotextiel achter beschoeiingen en bij een talud is goed mogelijk. Echter hebben de materiaaleigenschappen van jute hier invloed op. Vanuit verschillende leveranciers zijn de materiaaleigenschappen van jute doek bekend. Deze zijn in weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2 Jute eigenschappen producten verschillende bedrijven

Bedrijf	Materiaaleigenschap	Waarde	Omschrijving
Jute Nederland	Gewicht	220 gr/m ²	Zie links in Figuur 20.
	Formaat	1,0 x 100 meter	Meer mogelijkheden in overleg.
	Levensduur	1 jaar (minimaal)	
Ludlowjute	Gewicht	292 – 725 gr/ m ²	Zie rechts in Figuur 20.
	Trekkracht	10*10 – 20*20 kN	Uitlopende waarden vanwege meer mogelijkheden.
Naue	Gewicht	500 gr/m ²	
Leverancier van Van Aalsburg b.v.	Gewicht	425 gr/m ²	Met behulp van pilots
	Trekkracht	15*38 kN	test Van Aalsburg de
	Levensduur	1 a 2 jaar	levensduur.

In sub paragraaf 12.1.1 van Bijlage 3 Materialen zijn de materialen per bedrijf verder toegelicht.

De levensduur is moeilijk te bepalen. Omdat de grens tussen water en droog van invloed is voor de lengte van de levensduur. Onderwater kan naar ervaring uitgegaan worden van een levensduur van ongeveer 20 jaar, echter bovenwater op de watergrens wordt er van een levensduur van 1 à 2 jaar uitgegaan. Voor de levensduur geldt dat de vegetatie minimaal binnen 12 maanden sterk genoeg moet zijn om de constructie over te nemen. Dit betekent dat na 12 maanden de constructie niet meer volledig ondersteund kan worden door het jute doek. (Naue, 2023) Naar de exacte levensduur moet verder onderzoek naar worden gedaan. Wellicht kan er een hars aan de jute worden toegevoegd die niet vervuilend is, maar er wel voor zorgt dat schimmels en andere bacteriën het doek niet snel afbreken.

Wel is vast te stellen dat het jute geotextiel flexibel genoeg is om zich mee te vormen naar de ondergrond. Zowel bij beschoeiingen als bij een talud kan het daarom toegepast worden. Voor het voorkomen van uitspoelen van zand kunnen de jute matten eventueel opgevuld worden met houtsnippers. (Lemmens, 1996) Dit zorgt ervoor dat de constructie langer in stand blijft.

Wat betreft de treksterkte zal dit voldoende zijn, echter kan dit beter na testfases definitief bepaald worden. De matten zijn waterdoorlatend en de openingsgrootte kan per mat verschillen, waardoor er per projectlocatie een advies gegeven moet worden welke mat geschikt is voor die ondergrond. Verder is er in Tabel 2 te zien dat het gewicht voldoet aan de gestelde eis van 200 gr/m².

4.1.3 Beschikbaarheid

Jute wordt geproduceerd in landen met een vochtig, warm klimaat. Voornamelijk uit landen zoals India, Bangladesh, China, Nepal en Thailand. De beschikbaarheid kan erg variëren per land of regio omdat de beschikbaarheid van jute is sterk afhankelijk is van de weersomstandigheden, maar ook van de bodem, de beschikbaarheid van land en middelen voor het telen en produceren.

Vroeger had jute het erg lastig door de opkomt van kunststof en plastic materialen. Nu er steeds meer gefocust wordt naar alternatieven materialen en duurzaamheid is jute weer erg aantrekkelijk geworden. Dit zou kunnen betekenen dat er een schaarste van jute zou kunnen zijn. Echter is dit volgens leveranciers niet het geval en wordt dat ook niet in de toekomst verwacht. (Heusden, 2023) Jute wordt nog niet geproduceerd in Europa omdat het klimaat hier niet geschikt voor is. Echter is er wel een proeftuin (Innovation gardens) in zeeland bezig met dit te onderzoeken. Voor de toekomst zou dit, wanneer het mogelijk is ook een mogelijkheid zijn om de jute van dichtbij te gebruiken.

4.1.4 Milieuaspecten

Het is belangrijk om in de gehele keten te kijken van de productie tot het vergaan van het jute product. Bij het gele productieproces komen verschillende milieufactoren kijken. In Tabel 3 is een overzicht van deze milieufactoren uitgesplitst met een score. Dit geeft een duidelijk overzicht van de positieve en negatieve aspecten van jute als geotextiel. De scores zijn onderverdeeld in:

- Heel positief (++)
- Positief (+)
- Neutraal (+/-)
- Negatief (-)
- Heel negatief (- -)

Tabel 3 Score milieufactoren jute

Milieufactoor	Score	Onderbouwing
Biobased (hernieuwbaar)	++	Jute kan binnen een jaar tijd volledig terug groeien en gefabriceerd worden tot geotextiel.
Grond uitputtend	+	De teelt van jute put de grond minder snel uit in tegenstelling tot katoen.
Ontbossing	+	n.v.t.
Emissies productie	+/-	Emissies die voornamelijk vrij zullen komen zijn dan CO ₂ , methaan of lachgas. Echter nemen de planten ook veel CO ₂ op waardoor jute als CO ₂ neutraal wordt gezien. (p&p projects, 2023)
Productieproces	+/-	Het productieproces van de matten is deels machinaal en deels handmatig. Voor vezelwinning moeten de planten gedompeld worden in stromend water. Jute planten hebben niet tot nauwelijks chemicaliën nodig Waardoor het water niet vervuild raakt.

Watergebruik	+	De jute plant heeft relatief weinig water nodig om te groeien.
Transport	+/-	Jute producten komen meestal van ver waardoor er hogere transportkosten zijn en meer CO2 uitstoot. Echter nemen de planten ook veel CO2 op.
Ecologisch verantwoord	+/-	Jute biedt leefomgeving voor (Kleine) diertjes en micro-organisme. Finaal afval brengt geen vervuiling, wel controleren op doorstroming van kunstwerken.
Biodegradable (biologisch afbreekbaar)	++	Jute is 100% biologisch afbreekbaar door schimmels, micro-organisme en bacteriën.

Nadere toelichting is terug te vinden in sub paragraaf 12.1.2 van Bijlage 3 Materialen.

4.1.5 Kosten

De kosten kunnen variëren door verschillende soorten jute geotextiel en verschillende leveranciers. Een inschatting van de prijs is gegeven op basis van de gegevens van Jute Nederland. Dit is een gevouwen jute doek van 1,0 x 100 m (220 gr/m²) met een prijs van €145,00 exclusief BTW. Deze variant is ook beschikbaar op rol van 2,0 x 50 m (220 gr/m²) met dan een prijs exclusief BTW van €175,00. De prijs is over het algemeen afhankelijk van het gewicht, hoe zwaarder, hoe duurder.

Daarnaast is de prijs jute geotextiel sterk afhankelijk van de kwaliteit en de hoeveelheid en kan het per land en regio verschillen. Het is daarom goed om van tevoren te inventariseren bij leveranciers of distributeur wat de kosten zijn, de transportkosten voor het plaatsen moet daarin ook nog worden meegenomen.

4.1.6 Beperkingen

Jute als geotextiel heeft een aantal beperkingen deze zijn opgenomen in Tabel 4:

Tabel 4 Beperkingen jute geotextiel

Beperking	Omschrijving
Korte levensduur	Wanneer vegetatie de constructie kan overnemen is de korte levensduur niet relevant, echter wanneer er een langere levensduur geëist wordt voor de grote van de constructie/ watergang kan er niet voor jute geotextiel gekozen worden.
Gevoelig voor Uv-licht	Jute geotextiel is gevoelig voor uv-licht, dit zorgt ervoor dat het jute sneller afbreekt wanneer het open ligt. Jute doek dient zoveel mogelijk bedekt te zijn indien mogelijk.
Gevoelig voor de grens tussen nat en droog	Jute geotextiel is gevoeliger voor vochtige omstandigheden, wanneer het jute doek nat wordt verliest het zijn stijfheid en kracht. Dit kan ervoor zorgen dat de constructie niet meer goed gestabiliseerd is. Ook is de levensduur op dit punt het kortst.

Beperkte toepassingen	Een oeverconstructie met vegetatie neemt meer ruimte in beslag, waardoor het niet overal toepasbaar is. Jute geotextiel is naar verwachting niet geschikt voor stortsteen omdat de doorponsweerstand onvoldoende zal zijn. Ook in combinatie met vegetatie is het niet zeker of deze weestand voldoende zal zijn. Uit ervaring en onderzoek moet blijken of stortsteen in combinatie met vegetatie mogelijk is.
Meer onderhoud nodig	Vegetatie moet zowel opstand komen als blijven bestaan om de oeverbeschermingsconstructie in stand te houden. Hiervoor is goed onderhoud van belang.

4.1.7 Conclusie

Over het algemeen kan jute op veel locaties worden toegepast als geotextiel. Ook wat betreft de materiaaleigenschappen is jute goed geschikt als geotextiel en de beschikbaarheid van jute is geen risico. Al met al is jute goed voor het milieu, echter zou het nog beter zijn wanneer jute dichterbij huis geproduceerd kan worden. De kosten moeten per project bepaald worden en kan per leverancier verschillen. Daarnaast is het belangrijk om de beperkingen mee te nemen in de overweging of jute doek geschikt is voor een bepaalde functie, projectlocatie en projecteisen. De situatie moet daarom zorgvuldig worden bekeken, zodat er geen nadelige gevolgen ontstaan.

4.2 Kokos

Het is algemeen bekend dat er van kokos verschillende producten worden gemaakt bijvoorbeeld kokosolie, kokosmelk en het vruchtvlees. Daarnaast wordt vanuit oudsher ook touw, matten en andere textielproducten gemaakt van kokos. Deze producten worden verkregen vanuit de kokosvezels, kokosvezel is een taaie en stugge plantenvezel afkomstig van de bast van kokosnoten. Kokosnoten zijn de vruchten van de kokospalm. Kokospalmen groeien voornamelijk in Indonesië en de Filipijnen de vezels worden vaak verwerkt tot product door lokalen boeren. Het verwerken van de vezels is een arbeidsintensief proces omdat niet alles machinaal kan worden gedaan. (Bottenberg, 2012) Het productieproces van kokos komt neer op:

Plukken/ rapen -> Pit verwijderen -> Rotten -> Vezelwinning -> Scheiding -> Drogen -> Persen (kokosmatten) -> eventueel spinnen (afhankelijk van productiedoeleinde, touw) -> Bundelen. (madehow, 2023)

Bij de stappen komen veel meer handelingen kijken en het ligt er per bedrijf aan wat ze machinaal of met de hand moeten doen. Net als bij jute worden in deze paragraaf de toepassingen van kokos als geotextiel, de materiaaleigenschappen van kokos als geotextiel, de beschikbaarheid, de impact op het milieu, de kosten en de beperkingen toegelicht.

4.2.1 Toepassingen

Net als jute wordt kokos vaak gebruikt als verpakkingsmateriaal, decoratie, etc. Daarnaast worden kokosmatten gebruikt als isolatiemateriaal in bijvoorbeeld auto's. Van de kokosnoot wordt ook de

binnenkant gebruikt voor voedsel, cosmetica en medicijnen. Kokos heeft op deze manier meerdere toepassingen en kan ook ingezet worden als geotextiel bij beschoeiingen en oeverbeschermingsconstructies.

Er zijn drie verschillende varianten van de kokosvezel als geotextiel. Het kan gesponnen worden als touw en gevlochten als mat, geperst worden als mat in combinatie met een drager (in dit geval van jute) om de mat op zijn plek te houden of kokos in de vorm van een rol. Figuur 23 geeft hiervan de voorbeelden weer. (Naue, 2023)



Figuur 23 van links naar rechts: geweven mat, geperste kokosmat met drager (non-geweven) en de kokosrol (Naue, 2023)

Deze drie varianten zijn voorbeelden van het Duitse bedrijf Naue. Zij verkopen zowel kunststof geotextielen grids als een duurzame variant zoals deze kokos geotextielen en het jute doek wat in de vorige paragraaf genoemd is. Deze drie varianten hebben allen verschillende toepassingsmogelijkheden, deze worden in deze sub paragraaf verder toegelicht. Voor alle varianten geldt dat vegetatie de constructie moet gaan overnemen en een bescherming biedt tegen erosie.

Geweven kokosmat

Toepassingen voor de eerste variant zijn, zie ook Figuur 24:

- Begroeide geul/ beekhellingen
- Begroeide dijken
- Het vasthouden van vegetatie eerste fase
- Taluds mogelijk met een hellingshoek $> 35^\circ$

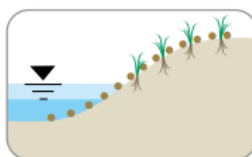


Figure 1:
Supporting vegetation
on trenches/brooks

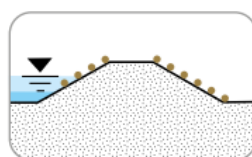


Figure 2:
Coir nets on dykes

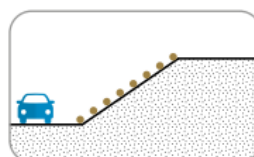


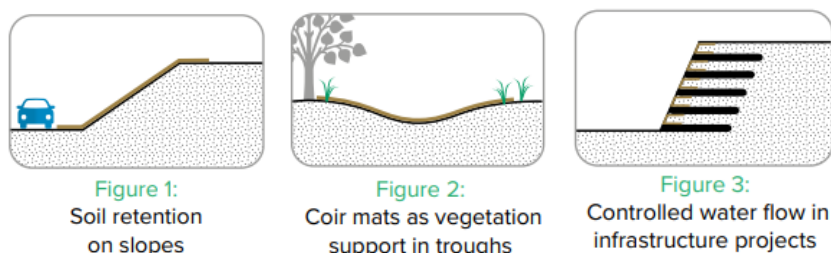
Figure 3:
Controlled water run-off
in infrastructure projects

Figuur 24 Toepassingen geweven kokosmat (Naue, 2023)

Non-geweven kokosmat

Toepassingen voor de tweede variant zijn, zie ook Figuur 25:

- Taluds mogelijk met een hellingshoek $> 40^\circ$
- Het vasthouden van vegetatie eerste fase
- Druppelbescherming

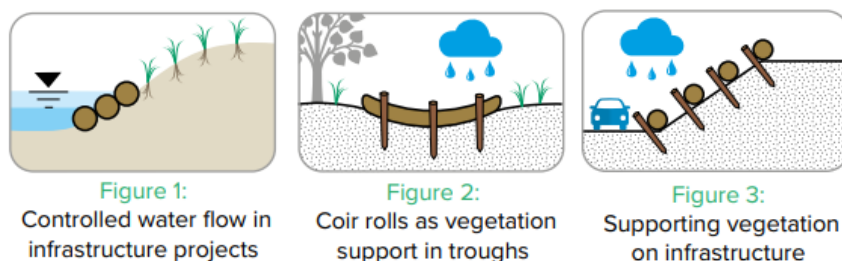


Figuur 25 Toepassingen niet-geweven kokosmat (Naue, 2023)

Kokos rol

Toepassingen voor de derde variant zijn, zie ook Figuur 26:

- Natuurlijke ondersteuning van taluds
- Vertraging neerslag
- Bevorderen vegetatie en biodiversiteit (voortijdig inzaaien)
- Beschoeiing



Figuur 26 toepassingen kokosrol (Naue, 2023)

4.2.2 Materiaaleigenschappen

Kokos geotextiel kan net als jute goed functioneren als alternatief van kunststof geotextiel. Ook hier geldt dat het functioneren sterk afhangt van de materiaaleigenschappen van het kokos. Via leveranciers zijn de materiaaleigenschappen inzichtelijk gemaakt. Deze zijn in weergegeven in Tabel 5:

Tabel 5 Kokos eigenschappen producten verschillende bedrijven

Bedrijf	Materiaaleigenschap	Waarde	Omschrijving
Joosten kunststoffen	Gewicht	350 gr/m ²	Non-woven kokos mat met pp drager.
	Formaat	2,4 x 50,0 meter	
	Treksterkte	3,9*2,2 kN/m	
Ockels	Gewicht weefsels	400 - 900 gr/m ²	Meerdere weefsels, vliezen en rollen mogelijk. Indien drager, pp of jute.
	Trekkracht weefsels	5/4 - 20/10 kN/m	
	Gewicht vlies	350 en 450 gr/m ²	
	Trekkracht vlies	4/1 en 5/3 kN/m	
	Gewicht rollen	c.a. 9 en 16 kg/m	
Naue	Gewicht weefsels	400 – 900 gr/m ²	Meerdere opties mogelijk
	Gewicht vlies	450 gr/m ²	
	Gewicht rol	25,5 kg	

In sub paragraaf 12.2.1 van Bijlage 3 Materialen zijn de materialen per bedrijf verder toegelicht.

De levensduur van het kokos geotextiel is moeilijk te bepalen en is sterk afhankelijk van de weersomstandigheden en de project locatie waar het wordt toegepast. Een levensduur van minimaal een jaar tot dat vegetatie sterk genoeg is, is naar verwachting zeker haalbaar. Dit is ook gebleken uit de pilot bij de Sophia polder en de kokosmatten in combinatie met de wilgentenen dam die daar zijn toegepast tegen erosie. Ook daar was te zien dat nog niet al het kokos doek was vergaan. Naar schatting kan voor kleine oeverbeschermingsconstructies uitgegaan worden van een levensduur van 3 tot 5 jaar. Voor de kokos rollend geldt dat die verrotten binnen vijf jaar afhankelijk van de weersomstandigheden. Echter kunnen rietstekken binnen één seizoen een kokosrol met een diameter van 0,3 m doorwortelen. (CUR, 1999)

Daarnaast is het kokos geotextiel en de rollen goed aan te brengen omdat het flexibel materiaal is. Waardoor het op verschillende locaties gebruikt kan worden. Wel dient de ondergrond goed vlak te zijn zodat beter kan beschermen tegen erosie en de pinnen het doek kunnen vasthouden. Uitervaring blijkt dat de kokos weefsels, vliezen en rollen goed waterdoorlatend zijn. Echter is er niet bekend of bij elke situatie de treksterkte sterk genoeg is voor het aanleggen. Op het talud van de Sophiapolder was dit wel voldoende, bij een beschoeiing zou dit ook getest moeten worden.

4.2.3 Beschikbaarheid

Kokos wordt geproduceerd in landen met een tropisch/ subtropisch klimaat waar de palmboom kan groeien. Indonesië, Filipijnen, India en Sri Lanka zijn de grootste producenten van kokosnoten. Joosten kunststoffen haalt haar kokosproducten uit Vietnam. Een gemiddelde plantage bestaat uit ongeveer tussen de 100 tot 160 bomen per hectare. Per jaar kunnen ze 30 tot 125 kokosnoten per jaar produceren en de boom kan 60 jaar vruchten afdragen. Echter is er niet bekend hoeveel kokosnoten er precies nodig zijn voor het produceren van het textiel. Toch wordt er volgens leveranciers ervan uitgegaan dat de beschikbaarheid geen probleem zal zijn omdat kokosnoten in diverse landen in overschot beschikbaar zijn. (Dijk, 2023) Daarnaast moet er rekening gehouden worden met klimaatverandering en eventueel mislukte oogst. Ook volgens leveranciers is hier op dit moment geen sprake van.

4.2.4 Milieuaspecten

Ook hier is belangrijk om in de gehele keten te kijken van de productie tot het vergaan van het kokos product. In Tabel 6 is een overzicht van de milieufactoren uitgesplitst met een score. De scores zijn net als jute onderverdeeld in:

- Heel positief (++)
- Positief (+)
- Neutraal (+/-)
- Negatief (-)
- Heel negatief (--)

Tabel 6 Score milieufactoren kokos

Milieufactor	Score	Onderbouwing
Biobased (hernieuwbaar)	++	De kokosvezel is een 100% biologisch hernieuwbaar product.
Grond uitputtend	+	n.v.t.
Ontbossing	--	Er vindt vaak ontbossing plaats voor het opzetten van nieuwe kokospalmplantage met als gevolg veranderingen in ecosystemen.
Emissies productie	+/-	De broeikasgassen die vrijkomen zijn na genoeg te verwaarlozen.
Productieproces	-	Het vlechten van de matten is deels machinaal en deels handmatig en voorziet het dorp ter plaatse van veel werk. (Dijk, 2023) Voor de productie van kokos geotextiel wordt nog veel met de hand gedaan en is daarom een arbeidsintensief proces. De kokosnoten die rotten in oppervlaktewater zorgen vaak voor vervuiling van het water.
Watergebruik	--	Het waterverbruik van kokospalmteelt ligt erg hoog en daarom ook van de productie van kokos geotextiel.
Transport	+/-	Kokos producten komen van ver, waardoor ze verscheept/vervoerd moeten worden naar Nederland, wat naast transport kosten ook voor extra uitstoot zorgt. Echter wordt het wel beschouwd als 'goede keuze'.
Ecologisch verantwoord	+/-	In een enkel landen worden nog steeds apen gebruikt om de noten uit de bomen te halen. Bij de uitvoering in de praktijk bevorderen de matten juist de biodiversiteit en is er geen vervuiling.
Biodegradable (biologisch afbreekbaar)	++	De kokosvezel is een 100% biologisch afbreekbaar product, mits een drager van jute wordt gehanteerd.

Nadere toelichting is terug te vinden in sub paragraaf 12.2.2 van Bijlage 3 Materialen. Niet alle producenten zijn hetzelfde, onderling zitten op het gebied van milieu hier verschil in.

4.2.5 Kosten

Aan de hand van een offerte van Ockels en gesprekken met Joosten kunststoffen is er een inschatting gemaakt voor de kosten van het geotextiel deze is weergegeven in Tabel 7.

Tabel 7 Kostenindicatie kokos geotextiel

Bedrijf	Materiaal	Kosten
Ockels	Kokosvlies 450 gr/m ²	€2,19 per m ²
	Kokosrollen d. 30 cm	€27,75 per m

	Kokosrol+ riet d. 30 cm	€28,20 per m
	Leveringsprijs	c.a. €350,00 excl. BTW
Joosten kunststoffen	Afmetingen 0,90x10m of 1,50x10m	€29,50 per m ²
	Transportkosten	€75,50

Voor verder toelichting zie sub paragraaf 12.2.3 van Bijlage 3 Materialen. Ook voor kokos geotextiel wordt er geadviseerd vooraf een offerte aanvraag te doen om verschillende leveranciers goed te kunnen vergelijken.

4.2.6 Beperkingen

De beperkingen van kokos zijn erg te vergelijken met die van jute. De verschillende beperkingen van kokos als geotextiel zijn opgenomen in Tabel 8:

Tabel 8 Beperkingen kokos geotextiel

Beperking	Omschrijving
Korte levensduur	Net als bij jute is de levensduur relatief kort. Dit is dan ook een van de redenen dat het textiel niet voor elke toepassing kan worden toegepast. Echter voor tijdelijke toepassingen is dit afhankelijk van de omstandigheden naar verwachting geen probleem.
Afbraak	De mat degradeert onder UV-belasting, erosie en organische aantasting. Afhankelijk van locatie kan de mate hiervan worden bepaald. Vogels kunnen ook de kokosvezels mee nemen voor hun nest.
Gevoelig voor de grens tussen nat en droog	Uit proeven is gebleken dat hier het zwakke punt ligt van de mat. De levensduur op dit punt is ongeveer 3-5 jaar. Onder en boven de waterlijn is de mat nagenoeg onaangetast. (Dijk, 2023)
Beperkte toepassingen	Een oeverconstructie met vegetatie neemt meer ruimte in beslag, waardoor het niet overal toepasbaar is. Kokos geotextiel is naar verwachting ook niet geschikt voor stortsteen omdat de doorponsweerstand onvoldoende zal zijn. Ook in combinatie met vegetatie is het niet zeker of deze weestand voldoende zal zijn. Uit ervaring en onderzoek moet blijken of stortsteen in combinatie met vegetatie mogelijk is.
Korte vezels	De kokosvezels zijn een stuk korter dan andere plantaardige vezels waardoor het textiel naar verwachting een kleinere treksterkte op kan nemen.
Meer onderhoud nodig	Vegetatie moet zowel opstand komen als blijven bestaan om de oeverbeschermingsconstructie in stand te houden. Hiervoor is goed onderhoud van belang.
Milieueisen	Los van het feit dat kokos geotextiel gemaakt wordt van een rest product is het niet geheel goed voor het milieu. Kijkend naar de doelstellingen van 2030 en 2050 zijn strengere milieu eisen niet meer uit te sluiten. (Peek, 2023) Naar verwachting zullen de milieueisen voor kokos daarom

toenemen. Certificeringssystemen zoals Fairtrade en biologische certificering stellen eisen aan milieubescherming en arbeidsnormen. Strengere eisen en bewustwording van consumenten kan leiden tot minder beschikbaarheid en hogere kosten, wat van invloed is op het kokos geotextiel.

4.2.7 Conclusie

Ook kokos kan op veel locaties worden toegepast als geotextiel, de kokosrollen brengen ook extra toepassingsmogelijk met zich mee. Ook wat betreft de materiaaleigenschappen is kokos goed geschikt als geotextiel, mits er goed aandacht wordt besteed op het gebied van treksterkte omdat kokos kortere vezels heeft en de vliezen minder goed trekkrachten kunnen opvangen. Bij de keuze afweging moet daarom goed met de projecteisen rekening gehouden worden. De beschikbaarheid van kokos is geen risico. Echter op milieugebied scoort kokos niet zo goed, dit heeft ermee te maken dat het van ver moet komen, een arbeidsintensief proces is, er ontbossing plaats vindt en veel water kost. Net als bij jute moeten de kosten per project bepaald worden en kan per leverancier verschillen. Daarnaast is het belangrijk om de beperkingen mee te nemen in de overweging of kokos doek geschikt is voor een bepaalde functie, projectlocatie en projecteisen of dat er ook duurzamere mogelijkheden zijn.

4.3 Hennep/ vlas

Hennep en vals worden in deze paragraaf samengenomen omdat het beide kansrijke planten zijn voor de productie van geotextiel en erg op elkaar zullen lijken.

Hennep is een eenjarige plant, dit houdt in dat de plant binnen een jaar zowel gezaaid als geoogst kan worden. Net als bij Jute worden vanuit de bast van de plant vezels gewonnen die gebruikt worden voor het maken van textiel of andere producten. Het productieproces van hennep komt neer op:

Oogsten -> Roten -> Bundelen -> Houtfractie scheiden van vezelfractie -> Reinigen -> Kaarden (matten -> non-woven, pulpen -> papier of stoomexplosie -> weefbare vezels) -> Op maat snijden -> Bundelen

Vezelvlas is speciaal ras uit de vlasfamilie voor de productie van linnen. Ook vlas is een eenjarige plant. Het wordt gezaaid in de eerste helft van april, en geoogst in ten tweede helft van juli. Tot in de achttiende eeuw was de vlasvezel samen met wol de belangrijkste grondstof van textiel in Europa. Echter werd dit daarna verdrongen tot katoen. Vlas wordt nog steeds voornamelijk geteeld in Europa, met Frankrijk als grootste vlas producerend land. De verwerking vindt echter voornamelijk plaats in China. (Bottenberg, 2012) Het productieproces van vlasvezels komt neer op:



Figuur 27 Hennep plant (natuurstoffen)



Figuur 28 Vezelvlas plant (biobasedgarden)

Oogsten -> Drogen -> Zaad scheiden van stro -> Roten -> Braken -> Zwingen -> Spinnen -> verven/
weven -> Nabehandelen

De hennep en vlaseelt is al honderden jaren bekend in Nederland en Europa, echter wordt er nog geen geotextiel gemaakt van Hennep en vlas. Wel zijn er hennep en vlas worteldoeken die gebruikt worden tegen ongewilde wortel groei.

4.3.1 Toepassingen

Van oudsher werd hennep touw veel gebruikt in de scheepsbouw omdat het zo sterk was en lang mee kon gaan. Tegenwoordig wordt het veel gebruikt als isolatiemateriaal. Voor kleding is hennep nog niet zo populair omdat de stof wat ruw aanvoelt in vergelijking met bijvoorbeeld katoen. Echter is dit geen probleem voor de functie als geotextiel. Naast textieltoepassingen kan ook vlas toegepast worden als isolatieplaten.

De toepassingen van hennep en vlas kunnen sterk worden vergeleken met de weefsels en de vliezen van jute en kokos. Naar verwachting kunnen hennep en vlas matten daarom ook gebruikt worden voor:

- Een beschoeiing
- Een natuurlijke oever met talud
- Een gedeeltelijke natuurlijke oever met talud

4.3.2 Materiaaleigenschappen

De materiaaleigenschappen van hennep en vlas zijn moeilijk te bepalen omdat er nog geen producten zijn. De doeken zullen veel lijken op de jute varianten en daarom kan er toch een inschatting worden gemaakt of hennep en vlas geschikt zijn. De levensduur van hennep is 4 tot 5 jaar. (S. de Visser MSc, 2022) Echter is er niet bekend of het doek ook deze levensduur heeft rond de watergrens, deze zal waarschijnlijk lager liggen. Hetzelfde geldt voor vlas. Als er gekeken wordt naar het hennep worteldoek heeft deze een levensduur van 1 tot 2 jaar. (biogroei, 2023) Voor meer zekerheid over de levensduur moet er meer onderzoek gedaan worden. Voor beide producten wordt aangenomen dat de treksterkte, doorgroeibaarheid, waterdoorlatendheid en flexibiliteit voldoende zullen zijn. Omdat de eigenschappen en het uiterlijk veel weg zullen hebben van textiel en de bekende jute mat. Met een proefopstelling kunnen de materiaaleigenschappen definitief bepaald worden.

4.3.3 Beschikbaarheid

In Europa is er genoeg ruimte en mogelijkheden voor de teelt van hennep en vezelvlas. Echter moeten er ook bedrijven zijn die de doeken gaan produceren. Met de klimaatdoelen van circulair bouwen wordt dit veel aantrekkelijker en zullen er meer bedrijven hier kansen in zien. De beschikbaarheid is daarom naar verwachting geen risico. Echter kan het wellicht lang duren voor de doeken definitief op de markt zijn omdat er nog onderzoek uitgevoerd moet worden. Er zijn op dit moment daarom nog geen producten beschikbaar.

4.3.4 Milieuaspecten

Voor hennep en vlas worden de milieuaspecten ook inzichtelijk gemaakt aan de hand van milieufactoren en een score. In Tabel 9 is het overzicht hiervan weergegeven. De scores zijn onderverdeeld in:

- Heel positief (++)
- Positief (+)
- Neutraal (+/-)
- Negatief (-)
- Heel negatief (--)

Tabel 9 Score milieufactoren jute

Milieufactor	Score	Onderbouwing
Biobased (hernieuwbaar)	+ +	Hennep en vlas kunnen binnen een jaar tijd volledig terug groeien en gefabriceerd worden tot geotextiel.
Ontbossing	+	n.v.t.
Grond uitputtend	+	De teelt van hennep en jute put de grond nauwelijks uit in tegenstelling tot bijvoorbeeld katoen. Afgestorven delen worden weer door de bodem opgenomen en verrijken deze met voedingsstoffen.
Emissies productie	+/-	Planten kunnen veel en lang CO2 vasthouden. Echter moet er nog rekening worden gehouden met CO2-emissies tijdens het verwerkingsproces.
Productieproces	+	Er hoeven geen pesticiden gebruikt te worden bij de teelt omdat de planten uit zichzelf goed groeien. Daarnaast kan veel met machinaal worden gedaan wat het niet arbeidsintensief maakt.
Watergebruik	+	Vlas moet extra beregend worden, hennep niet of nauwelijks en heeft aan regenwater voldoende.
Transport	+	Hennep en vlas hoeven van minder ver te komen wat de transportkosten en uitstoot zal verlagen.
Ecologisch verantwoord	+	Net als bij jute bieden hennep en vlas een leefomgeving voor (Kleine) diertjes en micro-organisme. Finaal afval brengt geen vervuiling, wel controleren op doorstroming van kunstwerken. Ook tijdens de groei leveren de planten een bijdrage aan de biodiversiteit. (Reindsen, 2022)
Biodegradable (biologisch afbreekbaar)	+ +	Wanneer er geen chemicaliën en plastics aan het materiaal worden toegevoegd is het volledig biologisch afbreekbaar.

Waar rekening mee gehouden moet worden is dat het in de praktijk eventueel nog kan verschillen omdat er dan beter bepaald kan worden wat de milieu factoren definitief zijn.

4.3.5 Kosten

De kosten van hennep en vlas worden hoger geschat dan die van het huidig kunststof geotextiel. Echter de meerwaarde van een lagere CO₂-uitstoot maakt het mogelijk dat de kosten in combinatie met het milieuaspect als gelijkwaardig worden gezien. Op dit moment is dit helaas nog niet het geval.

Om een indicatie te geven van de kosten, kost een hennep worteldoek van 0,88 x 25 m €78,00.

4.3.6 Beperkingen

De beperkingen van hennep en vlas zijn erg te vergelijken met die van jute en kokos omdat het ook plantaardige vezels zijn. De verschillende beperkingen van hennep en vlas als geotextiel zijn opgenomen in Tabel 10:

Tabel 10 Beperkingen hennep en vlas als geotextiel

Beperking	Omschrijving
Korte levensduur	Vegetatie moet ook hier de constructie kunnen overnemen om de constructie in stand te houden. Voor de levensduur kunnen proeven worden opgesteld, om hier een betere uitspraak over te kunnen doen.
Afbraak	De mat degradeert waarschijnlijk eerder onder UV-belasting, erosie en organische aantasting. Afhankelijk van locatie kan de mate hiervan worden bepaald.
Gevoelig voor de grens tussen nat en droog	Ook is naar verwachting dit een knel punt voor zowel hennep als vlas. Het materiaal is op dit punt slapper en heeft bij de overgang een kortere levensduur.
Beperkte toepassingen	Een oeverconstructie met vegetatie neemt meer ruimte in beslag, waardoor het niet overal toepasbaar is. Daarnaast moet er onderzocht worden wat de daadwerkelijke materiaaleigenschappen zijn om deze matten definitief toe te kunnen passen.
Meer onderhoud nodig	Vegetatie moet zowel opstand komen als blijven bestaan om de oeverbeschermingsconstructie in stand te houden. Hiervoor is goed onderhoud van belang.

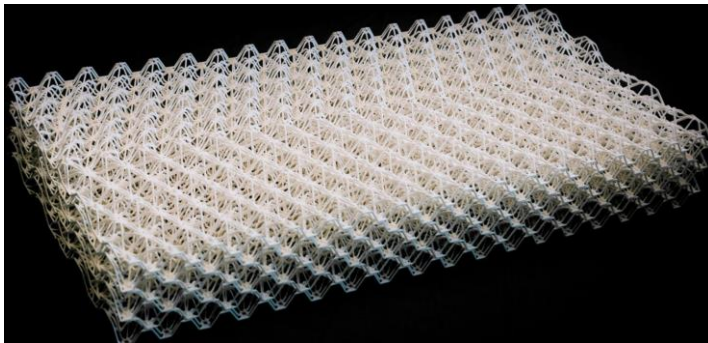
4.3.7 Conclusie

Hennep en vlas zijn goed te vergelijken met jute en kunnen daarom over het algemeen op veel locaties worden toegepast als geotextiel. Ook wat betreft de materiaaleigenschappen is het erg vergelijkbaar en goed geschikt als geotextiel en de beschikbaarheid van hennep en vlas zal naar verwachting geen risico zijn. Al met al zullen hennep en vlas beter voor het milieu zijn, zeker omdat het ook dichtbij huis geproduceerd kan worden. De kosten moeten per project bepaald worden en kan per leverancier verschillen. Op dit moment zijn er geen cruciale beperkingen waarom hennep en vlas niet mogelijk zouden zijn als geotextiel. Nog steeds is het belangrijk om goed te kijken naar de wensen en projecteisen wanneer de keuze voor hennep en vlas wordt gemaakt.

4.4 Biopolymeren

Biopolymeren zijn polymeren die biologisch afbreekbaar zijn en komen voor in biologische systemen. In deze paragraaf wordt voornamelijk gefocust op de biopolymeren van aardappelzetmeel. De reden hiervoor is omdat er meer kennis en beschikbare gegevens zijn. Daarnaast is er meer praktijkervaring en mogelijkheden. In deze paragraaf wordt ingegaan op de BASE-elements van het bedrijf Waardenburg Ecology, een ecologisch onderzoeks- en adviesbureau in Nederland.

De BASE-elements zijn biologisch afbreekbare sheets in een 3D-matrixvorm. Deze bestaan uit biologisch afbreekbare polymeren (aardappelzetmeel) van de afvalproducten uit de patat industrie. De sheets maken het mogelijk om aan elkaar gekoppeld te worden wat voor een grotere constructie zorgt. Deze 3D-structuren worden ingezet voor natuurherstel en het opstarten van jongen planten en dieren op nieuwe locaties. (Waardenburg Ecology, 2023) Figuur 29 laat de BASE-elements zien.



Figuur 29 BASE-elements (BESE-products, 2023)

Rodenburg is de producent van granulaat korrels van aardappelzetmeel waar vervolgens door BASE BASE-elements van worden gemaakt. Sinds 2000 is het bedrijf aan het experimenteren en innoveren met bioplastics geproduceerd uit aardappelafval stomen. Zij gebruiken alle restromen die afgekeurd zijn voor voedselen maken hier granulaat korrels van die vervolgens gebruikt worden voor het maken van technische bioplastics. (Hagenaars, 2023) Het productieproces van de 3D-structuren zijn:

Aardappelreststromen -> Compound maken -> Spuitgieten

Echter is het helaas nog niet mogelijk om van bio plastic een vergelijkbare non woven kunststoffen textiel mat te maken. (Schrama, 2023) Wel kan de 3D-structuren worden ingezet voor dezelfde doeleinde. In sub paragraaf 4.4.1 wordt hier verder op ingegaan. In deze paragraaf worden verder de materiaaleigenschappen van bioplastics als geotextiel, de beschikbaarheid, de impact op het milieu, de kosten en de beperkingen toegelicht.

4.4.1 Toepassingen

Vroeger werd de aardappelreststroom voornamelijk gebruikt voor veevoer. Nu worden er steeds meer verschillende delen van de aardappel gebruikt. De eiwitten worden bijvoorbeeld gebruikt als plantaardige eiwit en zetmeel wordt gebruikt om bioplastics van te maken voor verpakkingen en producten en zo ook de 3D BASE-elements structuren.

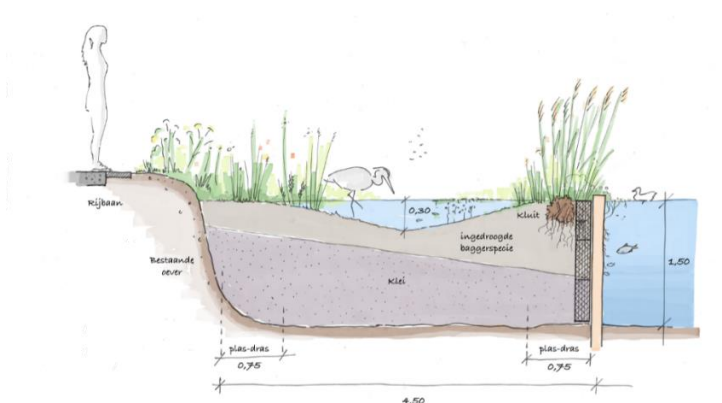
Zoals eerder genoemd is de productie van biopolymeren nog niet ver genoeg om dezelfde kwaliteit geotextiel te produceren. In de toekomst zouden er wel van bio plastic draden geotextielen gewoven kunnen worden, alleen zullen deze naar verwachting dikker zijn dan het huidig geotextiel wat nu wordt toegepast. (Hagenaars, 2023) Echter kunnen de structuren even goed nog steeds gebruikt worden voor oeverbescherming en natuurherstel. Zowel met een talud als met een beschoeiing als voor bodembescherming. De functies waarvoor de structuren ingezet kunnen worden zijn:

- Erosiebescherming
- Bevorderen van biodiversiteit
- Herstel van ecosystemen
- Bevorderen vegetatie
- De groei van zeegras, mangroven, enz.
- Aanplanting, groei eerste fase
- Veilige omgeving bieden koraalrif

Met de structuren zijn heel veel toepassingen mogelijk, het bedrijf is hier nog verder mee aan het experimenteren en ontdekken. (BESE-products, 2023) Een aantal praktijkvoorbeelden zijn in onderstaande figuren weergegeven. BESE-elements zorgen in deze situaties ervoor dat vegetatie terugkeert en de rivieroever beschermd is tegen golfenergie. In Figuur 30 wordt een oever van BESE-elements aangelegd om de rietgroei te bevorderen en erosie te voorkomen. In Figuur 31 is een houten beschoeiing gecombineerd met BASE-elements als geotextiel om zanduitspoeling te voorkomen.



Figuur 30 Voorbeeldproject kusterosie (Teunis, 2019)



Figuur 31 Voorbeeld pilot BASE-elementen beschoeiing (Teunis M., 2022)

4.4.2 Materiaaleigenschappen

De materiaaleigenschappen van de BASE-elements zijn weergegeven in Tabel 11.

Tabel 11 BASE-elements eigenschappen

Bedrijf	Materiaaleigenschap	Waarde	Omschrijving
BASE	Gewicht	0,44 kg/sheet	Sheets kunnen in elkaar geklikt worden om te vergroten.
	Formaat	922 x 455 x 20 mm	
	Levensduur type 1	10 tot 20 jaar	
	Levensduur type 2	2 tot 4 jaar	

Na bijna tien jaar ervaring kan er vastgesteld worden dat in de praktijk de BESE-elements een goede afbraak vertonen. Echter heeft de temperatuur hier een grote invloed op. Bij koude temperaturen wordt er een levensduur van 10 tot 20 jaar verwacht wanneer er sprake is van natuurlijke gematigde omstandigheden. Terwijl bij tropische omstandigheden sterke aantasting plaats vindt binnen 2 tot 4 jaar. Ook de zuurgraad van de grond heeft invloed op de levensduur. In bijvoorbeeld een grondlaag met een lage PH-waarde zal de afbraak langer duren. Dit geldt ook voor het soort water. De afbraak in zout water is aanzienlijk langzamer dan in zoet water. De hoeveelheid micro-organisme bevorderen ook het afbraakproces. (BESE, 2023)

Er zijn twee type BASE-elements met een verschillende levensduur, zie hiervoor Tabel 11 en voor extra informatie sub paragraaf 12.3.1 in Bijlage 3 Materialen. Voor de levensduur is het belangrijk dat er rekening gehouden wordt met het ecosysteem. De reden hiervoor is omdat de natuur niet hersteld kan worden als de levensduur korter is dan de vegetatie tijd. Daarnaast moet de levensduur ook kort genoeg zijn om volledig af te breken voordat het herstelde ecosysteem opnieuw kan degraderen. (BESE, 2023)

Als er gekeken wordt naar flexibiliteit dan zijn de structuren niet zo flexibel als de plantaardige doeken. De krachten die de elementen kunnen opnemen zijn afhankelijk van het aantal lagen waaruit het element is opgebouwd. 1 laag is 2 cm en bij meer lagen wordt de constructie sterker. (Vodegel, 2023) Het materiaal moet aangebracht worden op een glad oppervlakte. Dit geldt ook wanneer de structuren ingezet worden als beschoeiing. Echter moet voor deze toepassing ook een doek worden toegepast omdat de structuren bestaande uit een matrix grote gaten hebben waardoor het zand nog steeds kan uitspoelen. BASE raadt aan om eerst een klein stuk te testen en vervolgens grootschalige toe te passen.

4.4.3 Beschikbaarheid

Het materiaal wat wordt gebruikt is een restproduct van de aardappel-/patatindustrie. Uit onderzoek blijkt dat er heel veel aardappels van de aardappelteelt niet op je bord beland. Deze verliezen vinden plaats bij telers, groothandels en supermarkten. (AGF, 2015) Daarnaast is er ook schilafval. Per jaar komt deze restroom neer op 20 ton uit gesorteerde aardappelen bij een grote speler en 4000 ton restproduct bij verwerkers. (Jukema, 2006) De aardappelindustrie is erg groot en naar verwachting is er daarom nog meer restafval. In de komende jaren wordt er dan ook geen

tekort verwacht. Ook in de toekomst wordt dit niet als een probleem gezien, simpelweg moeten mensen blijven eten waardoor er zetmeelproducten worden gemaakt. Wanneer eetgewoontes veranderen zullen er bioplastics van andere zetmeel grondstoffen moeten worden geproduceerd. Eventuele mislukte oogst is niet uit te sluiten, echter wordt dit ook niet als een gevaar gezien wanneer er ook uit andere producten zetmeel kan worden gehaald.

4.4.4 Milieuaspecten

Aan de hand van een tabel is een score overzicht gemaakt van de milieu-impact van de BASE-elements. Dit overzicht is weergegeven in Tabel 12. De scores zijn onderverdeeld in:

- Heel positief (++)
- Positief (+)
- Neutraal (+/-)
- Negatief (-)
- Heel negatief (--)

Tabel 12 Score milieufactoren biopolymeren

Milieufactor	Score	Onderbouwing
Biobased (hernieuwbaar)	++	100% hernieuwbaar afkomstig van alle restproducten van aardappels en afgekeurd voor veevoer.
Teelt	++	Er worden geen aardappels speciaal gekweekt.
Emissies productie	+/-	Voor het produceren van de compound wordt een vergelijkbare energie verbruikt wordt als de conventionele granulaat productie. Echter voor groot en deel met duurzame energie. Er is minder energie nodig omdat verwerkingstemperatuur van bio plastic lager ligt.
Transport	+	Rodenburg en BASE zijn Nederlandse bedrijven waardoor de uitstoot van het transport laag ligt.
Ecologisch verantwoord	+	Natuur wordt hersteld en de elementen bieden een leefomgeving voor organisme. Het geplaatste materiaal hoeft na loop van tijd niet weggehaald te worden wat ervoor zorgt dat organisme en planten die daar leven niet gestoord worden.
Biodegradable (biologisch afbreekbaar)	++	De verbindingen in de producten een OK compost industrieel certificaat en dus 100% biologisch afbreekbaar.

Nadere toelichting is terug te vinden in sub paragraaf 12.3.2 van Bijlage 3 Materialen.

4.4.5 Kosten

De kosten zijn ongeveer twee keer zo hoog als kunststof, echter is er geen afvalverwerking nodig. Dit is een belangrijk punt wanneer er gekeken wordt naar de kostenafweging. Omdat het materiaal niet weggehaald hoeft te worden kan het ook geen schade veroorzaken aan de herstellende natuur of de functie van de opgekomen planten beschadigen. Wanneer er gekeken wordt naar end of life kan er daarom vastgesteld worden dat het wel twee keer zo goedkoop is. (Hagenaars, 2023) Dit hangt echter wel van de toepassing af.

Eén BESE-element kost €10,80. Een BESE-element is ongeveer 1 m lang en kan door het kliksysteem gemakkelijk uitgebreid worden afhankelijk van de situatie de kosten zullen dan ook toenemen.

4.4.6 Beperkingen

De beperkingen van biopolymeren zijn ook vastgesteld, deze zijn voornamelijk de beperkte toepassingen en worden veroorzaakt door verschillende aspecten, deze zijn opgenomen in Tabel 13.

Tabel 13 Beperkingen biopolymeren als geotextiel

Beperking	Omschrijving
Materiaal specificaties	Van biopolymeren is het nog niet mogelijk om gelijkwaardige geotextiel doeken te produceren. Dit is ook de reden dat het daarom niet dezelfde functie kan vervullen en is daarom niet mogelijk voor alle toepassingen waar kunststof geotextiel ook voor wordt gebruikt. Echter kan het wel goed in combinatie worden toegepast of voor andere doeleinde voor het herstellen van natuur.
Locatie	Een andere reden waarom BASE-elements beperkt in toepassingen is omdat BESE-elements toepasbaar zijn in gematigde hydrodynamische omstandigheden. Ze zijn daarom niet geschikt voor het tegenhouden van voortdurend hoge golven, stroming en kleinere golven zullen ze tot op zekere hoogte verminderen. (BESE, 2023)
Klimaat	Het klimaat heeft grote invloed op de afbraak van de BASE-elements en in combinatie met de toepassing kan dit soms problematisch zijn. Wanneer er een lange levensduur nodig is in een warm klimaat is een snel degraderend materiaal hier niet de goede oplossing. (BESE, 2023) Er moet daarom goed gekeken worden naar de omstandigheden van de locatie voordat de BASE-elements worden toegepast.
Sterkte	Het materiaal is snel fragiel omdat het breekt en zijn kracht verliest over tijd omdat het afbreekt. Soms is het nog wat te bros en komen lagen ook weer van elkaar. Daarnaast is het kliksysteem waarbij meerdere lagen in elkaar klikken nog niet altijd even stevig. Hier wordt onderzoek naar gedaan om dit te verstevigen. (Vodegel, 2023)

4.4.7 Conclusie

Biopolymeren zijn goed voor het milieu en een effectieve oplossing voor natuurherstel. Of het echter ook mogelijk is als geotextiel doek moet nog onderzocht worden. Wel kan het dienen als beschoeiing en het bevorderen van planten groei. Om de beperkingen te minimaliseren wordt er geadviseerd om eerst een kleine pilot te starten om te zien wat er gedurende het een jaar gebeurt. Wanneer het werkt kan het grootschaliger worden toegepast. Als de pilot niet naar wens functioneert en er nog geen vegetatie is opgetreden, ondanks het feit dat het biologisch afbreekbaar is toch verwijderen van de locatie. (BESE, 2023) (Hagenaars, 2023)

4.5 Toekomstmogelijkheden

In dit hoofdstuk wordt er voornamelijk ingegaan op materiaal alternatieven die of al op de markt zijn of verder in ontwikkeling zijn. Met kijk op de toekomst wordt er in deze paragraaf ingegaan op welke mogelijkheden er misschien nog meer interessant zouden kunnen zijn als alternatief of in combinatie zouden kunnen dienen met de genoemde materialen.

Het kan levensduur verlengend zijn om de materialen te combineren met een natuurlijk hars. Door het hars is het materiaal meer beschermd en zal het mindersnel afbreken, dit kan vooral relevant zijn op de watergrens. Een vergelijkbaar voorbeeld hiervan zijn de hardhoutenschotten waarvan het gedeelte boven water behandeld is met een hars. Epoxy hars kan voor een groot deel biobased geproduceerd worden. (Kluizenaar, 2023) Naar volledig biobased en biodegradable hars moet nog onderzoek naar gedaan worden.

Met biopolymeren zijn er in de toekomst ook meer mogelijkheden mogelijk, bijvoorbeeld grasplaten van biopolymeren of damwanden van biopolymeren als beschoeiing. Op dit moment is BASE bezig met een onderzoek om een biobased biopolymeer circulaire milieuvriendelijke damwand te maken, dit is echter een uitdaging omdat de damwand juist niet af moet breken. De technieken van het maken van bioplastics zijn in volle gang, wanneer de techniek verder groeit is het wellicht ook mogelijk om van biopolymeren daadwerkelijk kunststof geotextiel te maken.

Verder wordt er steeds meer onderzoek gedaan naar duurzame materialen en alternatieven voor zowel producten, maar ook voor textiel. Grondstoffen die interessant kunnen zijn voor het produceren van geotextiel zijn bijvoorbeeld, brandnetels, algengroei, olifantsgras en paddenstoelen. Hier moet echter nog veel onderzoek naar gedaan worden wat zowel tijd als geld kost. Naar verwachting zijn deze materialen pas over 10 jaar of langer relevant te noemen.

Combinaties van materialen is wellicht ook mogelijk in de toekomst, materialen kunnen dan elkaar aanvullen en versterken. Zoals eerder genoemd wordt dit bij de vliezen en de rollen ook gedaan door een jute drager te kiezen in plaats van een kunststoffen drager.

4.6 Samenvatting

Er zijn een drietal materialen in ontwikkeling die bescherming en natuurherstel kunnen bieden bij oeverconstructies. Dit zijn; jute, kokos en biopolymeren. Naar hennep en vlas als geotextiel moet nog meer onderzoek worden gedaan om definitief vast te stellen of deze materialen ook een goed alternatief zouden kunnen zijn. Er wordt echter vanuit gegaan dat deze materialen een goed alternatief zijn omdat ze veel gemeen hebben met jute. Ook is er ingegaan op toekomstige alternatieven en mogelijkheden, echter worden die verder in dit onderzoek niet meegenomen.

Van alle materialen zijn de toepassingen, materiaaleigenschappen, beschikbaarheid, milieuaspecten, kosten en beperkingen bepaald. Hieruit is gebleken dat kokos minder goed is voor het milieu en dat de mogelijkheden met hennep en vlas weleens heel kansrijk kunnen zijn omdat het dan dichterbij geproduceerd kan worden. Aan de hand van deze gegevens kan bepaald worden welk materiaal voor welke functie en project het meest geschikt is. Dit advies wordt toegelicht in hoofdstuk 5.

5 Advies

In dit hoofdstuk worden de verschillende materialen vergeleken aan de hand van de gegevens van hoofdstuk 4 in combinatie met eigen interpretatie en bevindingen wordt hierover een advies uitgebracht. In dit hoofdstuk wordt er antwoord gegeven op de deelvraag: Welk alternatief is voor welke oeverconstructie het meest relevant?

Aan de hand van het overzicht in Tabel 14 kan in een oogopslag afgeleid worden welke materialen voor welke oeverconstructie worden geadviseerd. Dit is bepaald door de gegevens en inzichten van hoofdstuk 4. In Bijlage 4 Visualisatie oeverconstructies zijn de oeverconstructies gevisualiseerd ter verduidelijking.

Tabel 14 Advies materiaalalternatieven voor oeverconstructies

Oeverconstructie	Jute	Kokos	Hennep/vlas	BASE-elements
Natuurvriendelijke oevers	✓		✓	✓
Beschoeiing voor natuurvriendelijke oevers	✓		✓	✓
Grasoevers	✓		✓	
Rietoevers	✓		✓	
Begroeide oevers	✓		✓	
Natuurvriendelijke oevers in combinatie met breuksteen	✓		✓	
Rollen beschoeiing		✓		
Wilgentenen beschoeiing	✓		✓	
Houten palen schotten beschoeiing	✓		✓	✓

In Tabel 14 is te zien dat er nauwelijks geadviseerd wordt om kokos toe te passen, dit heeft met de milieuaspecten van kokos te maken. In Tabel 15 zijn de scores van de milieufactoren van de materialen weergegeven. In dit overzicht is te zien dat kokos slechter scoort dan de andere materialen. Jute is beter voor het milieu en wordt daarom geadviseerd. Ook is te zien dat hennep en vlas nog beter scoren, deze materialen worden daarom ook aangeraden, echter moeten deze nog geproduceerd worden waardoor ook jute wordt geadviseerd. Voor de rollen wordt kokos toch aangeraden omdat die niet aanwezig zijn van een ander materiaal. Voor de vliezen geldt hetzelfde, wanneer er volgens de projecteisen gebruik gemaakt dient te worden van een vlies, kan deze nu nog het beste toegepast worden met een doek van kokos. Een voorbeeld hiervan is de pilot bij de Sophia polder. Echter wanneer er gebruik gemaakt dient te worden van een vlies en er extra aan aandacht wordt besteed aan het voorkomen van blootstelling van de verwerende elementen kan een kunststof geotextiel nog steeds een betere keuze zijn dan kokos. In dit onderzoek is dit niet meegenomen.

Tabel 15 Overzicht score op milieufactoren

Milieufactor	Jute	Kokos	Hennep/vlas	BASE-elements
Biobased (hernieuwbaar)	++	++	++	++
Ontbossing	+	+	+	n.v.t.
Grond uitputtend	+	--	+	n.v.t.
Emissies productie	+/-	+/-	+/-	+/-
Productieproces	+/-	-	+	++
Watergebruik	+	--	+	n.v.t.
Transport	+/-	+/-	+	+
Ecologisch verantwoord	+/-	+/-	+	+
Biodegradable (biologisch afbreekbaar)	++	++	++	++

Het is het belangrijk er bewust van te zijn dat niet elke oeverconstructie op elke locatie hetzelfde is, er moet daarom goed aandacht besteed worden aan de locatie om een goede keuze te maken over welk materiaal het best toegepast kan worden.

6 Conclusie

Dit rapport geeft antwoord op de vraag:

Welke materialen kunnen ertoepassast worden voor het vervangen van kunststof geotextiel bij beschoeiingen en kleinschalige watergangen?

Aan de hand van het beantwoorden van vier deelvragen wordt er antwoord gegeven op deze hoofdvraag.

Relevante toepassing voor de waterschappen

Geotextiel is een kunststof doek die toegepast wordt bij grond-, weg- en waterbouw. In dit onderzoek is alleen gefocust op waterbouw vanwege de negatieve effecten van de kunststof op het milieu. Functies hierbij zijn: bevorderen van stabiliteit, scheiding, filteren, en erosiebestrijding. Vanuit het waterschap Hollandse Delta is gebleken dat er al enkele pilots worden uitgevoerd om de geschiktheid van hernieuwbare biologische afbreekbare alternatieven te bepalen. Het gaat hierbij om beschoeiingen en kleinschalige oeverwerken langs watergangen/ boezemwateren. In dit onderzoek is daarom hierop gefocust.

Pakket van uitgangspunten, eisen en wensen

De uitgangspunten, eisen en wensen zijn onderverdeeld in verschillende onderdelen: het toepassingsgebied, de materiaaleigenschappen, milieu-impact, uitvoering en beheer en de kosten. Dit pakket is opgesteld omdat de materialen hieraan moeten voldoen om geschikt te zijn als alternatief voor kunststof geotextiel. De belangrijkste punten zijn:

- Het materiaal moet geschikt moet zijn voor beschoeiingen en/ of voor een oever met (gedeeltelijk) natuurvriendelijk talud.
- Biobased en biodegradable
- Een levensduur van 1 jaar
- Een gewicht van 200 gr/m²
- Waterdoorlatendheid
- Voldoende treksterkte en flexibiliteit
- Juiste openingsgrootte
- Kostenafweging op basis van belang

Materiaal alternatieven

De materialen die op dit moment geschikt zijn voor het vervangen van kunststof geotextiel zijn jute en kokos. Het grootste verschil tussen jute en kokos zijn de milieuomstandigheden. Jute is beter voor het milieu dan kokos. Daarom gaat de voorkeur op dit moment naar jute uit als alternatief voor geotextiel. De BASE-elementen gemaakt van biopolymeren zijn ook geschikt voor oeverbescherming, echter kan dit niet functioneren als doek waardoor er bij de toepassing als beschoeiing nog wel een natuurlijk doek toegepast moet worden. Voor natuurherstel en bevorderen van vegetatie kunnen de structuren wel in hun eentje worden ingezet. Hennep en vlas zijn planten die erg kansrijk zijn als alternatief, de planten hebben veel gemeen met de eigenschappen van jute waardoor er aangenomen wordt dat ze dus ook goed dienen als geotextiel. Daarnaast kunnen hennep en vlas in

een Europees klimaat groeien en geproduceerd worden, wat voor jute en kokos niet het geval is. Op dit moment zijn er nog geen hennep en vlas producten beschikbaar op de markt.

Wat betreft toekomstige materialen wordt er meer onderzoek gedaan naar biopolymeren en het uitbreiden van toepassingen ervan. Een andere optie om te onderzoeken is het toevoegen van een natuurlijk hars, om de levensduur van het plantaardige alternatief te verlengen. Ook onderzoek naar brandnetels, algengroei, olifantsgras en paddenstoelen kan toekomstmogelijkheden bieden voor geotextiel.

Advies

Er is een advies uitgebracht per oeverconstructie welk materiaal geadviseerd wordt om toe te passen. Er zijn negen oeverconstructies in zwaarte van de constructie uitgesplitst van natuurlijke oever tot beschoeiing met palen en schotten. Voor elke constructie waar geotextiel moet worden toegepast wordt jute geadviseerd. Wanneer ook hennep en vlas op de markt zijn kunnen zij dezelfde functie vervullen en worden daarom dus ook geadviseerd. Echter wanneer er gewenst is gebruik te maken van een vlies of rollen wordt kokos alsnog geadviseerd omdat deze (nog) niet aanwezig zijn van andere materialen. Voor natuurherstel en kleinschalige beschoeiingen worden de BASE-elements geadviseerd.

Concluderend kan er vastgesteld worden dat uit dit onderzoek is gebleken dat jute, kokos, biopolymeren, hennep en vlas toegepast kunnen worden als alternatief voor kunststof geotextiel. Echter wordt kokos enkel geadviseerd wanneer een ander materiaal niet mogelijk is en is voor biopolymeren alleen nog op dit moment de BASE-elementen interessant. Wat hennep en vlas betreft lijken deze materialen zeer geschikt, dit moet wel nog blijken uit de prototypes en testen.

7 Discussie

In dit hoofdstuk zijn de beperkingen en onzekerheden van het onderzoek opgenomen. Dit onderzoek is uitgevoerd in 18 weken waardoor er afgebakend moest worden tot een kleiner geheel en er aannamen gemaakt moesten worden. In dit hoofdstuk wordt hier verder op ingegaan.

Voor het onderzoeken van een alternatief voor kunststof geotextiel is er de keuze gemaakt om enkel te kijken naar welke materialen er mogelijk zijn voor de toepassingen van geotextiel achter een beschoeiing of op een talud. Echter is er bekend dat onder water en onder de grond de plantaardige textiele langer mee gaan, er zou meer onderzoek naar gedaan moeten worden of de materialen ook op een andere manier ingezet kunnen worden bij oeverbeschermingsconstructies.

Daarnaast is er in dit onderzoek alleen ingegaan op materialen die al bestaan en verkocht worden als geotextiel, maar waar nog weinig over bekend is en materialen die op de korte termijn ook kansrijk kunnen zijn hierin is de keuze gemaakt voor hennep en vlas. Daarnaast wordt er in dit onderzoek maar kort ingegaan op de toekomstmogelijkheden. Er is hiervoor gekozen omdat voor deze periode deze materialen nu nog niet relevant zijn omdat ze niet op de korte termijn geproduceerd kunnen worden. Zonder prototype en verdere ontwikkeling kan niet gezegd worden of de toekomstmogelijkheden daadwerkelijk mogelijk zijn, hier is nog niet genoeg kennis over. Echter het combineren van materialen kan zoals blijkt uit het voorbeeld met de schotten wel levensduur verlengend zijn. Zoals het toepassen van hars of ander materiaal onder de watergrens. In dit onderzoek is dit niet meegenomen.

Een onzekerheid binnen het onderzoek is de beperkte literatuur over bepaalde onderdelen. Dit heeft voornamelijk betrekking tot de milieufactoren binnen het stuk. Door de beperkte literatuur is het moeilijk te bepalen wat de arbeidsomstandigheden en milieufactoren definitief zijn van de materialen. Hieruit is gebleken aan de hand van literatuurstudie en eigen opvattingen door gesprekken met leveranciers dat kokos geotextiel minder goed is voor het milieu. Echter is dit niet met 100% zekerheid te zeggen. Daarnaast wordt in dit onderzoek kokos nog steeds aangeraden voor de vliezen en rollen, echter is het niet onderzocht of kunststof geotextiel misschien wel beter is, mits het op de juiste manier geplaatst wordt.

Wat gegevens betreft geldt hetzelfde voor de materiaaleigenschappen, er zijn helaas niet genoeg gegevens bekend om met 100% zekerheid te zeggen dat de materiaaleigenschappen voldoen om te functioneren als geotextiel. Hiervoor moeten meer pilots en onderzoeken worden uitgevoerd. Met behulp van het spreken van leveranciers en offertes kan een nog betere inschatting worden gemaakt van deze eigenschappen. Naar verwachting is er gesteld dat de producten geschikt zijn, echter moet dit nog berekend worden en aan de hand van test blijken of dit daadwerkelijk zo is.

Bij het advies zijn de kosten niet meegenomen omdat er te weinig gegevens bekend zijn om een goede kostenafweging te maken. Ook hier kan met behulp van offerte aanvraag en gesprekken met leveranciers meer informatie gevaardigd worden om zo ook een afweging te maken wat betreft de kosten.

8 Aanbevelingen

Uit dit onderzoek is gebleken dat jute, kokos, biopolymeren, hennep en vlas geschikten materialen zijn als alternatief voor kunststof geotextiel. Echter is er ook geconcludeerd dat er nog niet genoeg gegevens beschikbaar zijn van de materiaaleigenschappen, dat de hennep en vlas productie als geotextiel nog niet opgang is en dat het onderzoek naar biopolymeren nog niet vergenoeg is om ook doek van te produceren.

Er wordt op de korte termijn aanbevolen om verder onderzoek te doen naar de materiaaleigenschappen en kosten van de alternatieven, dit kan gedaan worden door offertes op te vragen en in gesprek te gaan met leveranciers. Daarnaast wordt er aanbevolen om pilots te starten, om ook zo te kunnen bepalen of het ook grootschalig in gezet kan worden. Een pilot kan bestaan uit verschillende materialen verdeelt over dezelfde oeverbeschermingsconstructie of juist dezelfde materialen bij verschillende oeverconstructies.

Wat betreft hennep en vlas wordt er aanbevolen om contact op te nemen met leveranciers, producenten en specialisten om de mogelijkheden te bespreken over het realiseren van hennep en vlas als geotextiel. Contacten die hiervoor geschikt zijn, zijn HempFlax, Netics, TEFAB, Dunagro en Inovation Garden.

Daarnaast wordt op de langere termijn aanbevolen om meer onderzoek te doen naar biopolymeren omdat de kansen en mogelijkheden hier groot in zijn. Dit kan resulteren in de mogelijkheden dat er een doek geproduceerd kan worden van biopolymeren. Ook is het van belang meer onderzoek te doen naar hoe de producten geoptimaliseerd kunnen worden. Pilots en praktijkervaring kunnen hier veel inzichten in bieden. Naast oeverbescherming kunnen deze structuren grote meerwaarde bieden aan projecten voor natuurherstel en bescherming. Er wordt aanbevolen contact op te nemen met BASE-products om mogelijkheden en ontwikkelingen te bespreken.

9 Literatuur

- Abbing, M. R. (2018, augustus 22). *Schadelijke broeikasgassen uit plastic zwerfafval*. Opgehaald van Klimaatplein: <https://www.klimaatplein.com/schadelijke-broeikasgassen-uit-plastic-zwerfafval/>
- AGF. (2015, oktober 27). *Helpt alle aardappelen eindigt bij afval*. Opgehaald van agf.nl: <https://www.agf.nl/article/132352/helpt-alle-aardappelen-eindigt-bij-afval/>
- Batavodurum, A. (2023). *Wadi-zaksloot - watervoerend met kwel*. Opgehaald van climatescan.nl: <https://climatescan.nl/projects/6983/detail>
- BBC. (2021, januari 10). *Weather Watchers*. Opgehaald van bbc.co.uk: <https://www.C/weatherwatchers/report/e32e9926-db3c-4537-a722-ad9ffe8aa03e/>
- BESE. (2023). *INNOVATING BIODEGRADABLE PRODUCTS, A CHALLENGING AND FAST-MOVING SCIENCE!* BESE.
- BESE-products. (2023). *Ecosysteemherstel met BESE-elementen®*. Opgehaald van bese-products.com: <https://www.bese-products.com/biodegradable-products/bese-elements/>
- biobasedgarden. (sd). *Vezelvlas*. biobasedgarden, Zeeland.
- biogroei. (2023). *Hennep worteldoek 0,88 x 25m*. Opgehaald van biogroei.nl: <https://www.biogroei.nl/hennep-worteldoek>
- bontexgeo. (2023). *Functies en gebruik*. Opgehaald van bontexgeo: <https://bontexgeo.com/nl/geotextiles-page/functions/>
- Bottenberg, G. B. (2012). *Biopolymeren in geotextiel*. Saxion, Kenniscentrum Design en Technologie.
- Bruggink, D. (2015, november 17). *Biobased*. Opgehaald van Ensie: <https://www.ensie.nl/daan-bruggink/biobased#:~:text=Biobased%0Abetekenis%20%26%20definitie.%20Biobased.%20Biobased%20materiaal%20is%20hernieuwbaar,waarin%20ze%20gebruikt%20worden%20weer%20terug%20kunnen%20groeien.>
- Circo. (2023). *Bioplastic uit aardappelzetmeel – Rodenburg Biopolymers*. Opgehaald van circonl.nl: <https://www.circonl.nl/case/bioplastic-uit-aardappelzetmeel-rodenburg-biopolymers/>
- CUR. (1999). *Natuurvriendelijke oevers Belasting en sterkte*. Gouda: Directoraat_Generaal Rijkswaterstaat.
- CUR. (1999). *Natuurvriendelijke oever 202, oeverbeschermingsmaterialen*. Gouda: Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat.
- Didderen, K. (2023). *BESE-elements® Biodegradable elements for starting ecosystems*. BESE.
- Dijk, J. (2023, mei 17). Vragen kokos geotextiel. (E. Hart, Interviewer)
- F. Bakker, K. v. (2012). *Ontwerprichtlijn geokunststoffen onder steenbekleding*. Middelburg: Zeeweringen.
- floravannederland. (2023). *Riet - Phragmites australis*. Opgehaald van floravannederland: <https://www.floravannederland.nl/planten/Riet>
- Foreco. (2018). *Beschoeiing Urk*. Opgehaald van Foreco houdproducten: <https://www.foreco.nl/nl/projecten/beschoeiing-urk>
- FSC. (2023). *Tropisch hout*. Opgehaald van Forest Stewardship: <https://nl.fsc.org/nl-nl/gebruik-hout/tropisch-hout>
- Gardenid. (2023). *Project - Natuurvriendelijke oever*. Opgehaald van gardenid.nl: <https://gardenid.nl/tuinaanleg/project-natuurvriendelijke-oever/>
- GEBR-Visscher. (2023). *Oeverbescherming*. Opgehaald van gebr-visscher.nl: <https://gebr-visscher.nl/oeverbescherming/>

- Gent, P. v. (2022, december 6). *Kokos*. Opgehaald van Nederlandse vereniging voor veganisme : <https://www.veganisme.org/informatie/is-het-vegan/kokos/>
- groenezaken. (2018, januari 10). *JUTE – EEN DUURZAAM ALTERNATIEF*. Opgehaald van groenezaken.nl: <https://www.groenezaken.nl/jute/>
- GWV-boekje. (2004). *Oever- en baggerwerk*. Doetinchem: H.J.M Klein Gunnewiek.
- Haan, W. d. (sd). 2021. *Sophiapolder dijk*. RPS, Sophiapolder.
- Hagenaars, R. (2023, mei 16). Kennismakingsgesprek biopolymere . (E. Hart, Interviewer)
- Hanneke. (2018, oktober 5). *De 3 beste houtsoorten voor een beschoeiing*. Opgehaald van Gadero: https://gadero.nl/blog_de-3-beste-houtsoorten-voor-een-beschoeiing/
- Hart, E. (sd). 2023. *Sophiapolder dijk, huidige situatie*. RPS, Sophiapolder.
- Hart, E. (sd). 2023. *Pilot jute en wilgentakken, Waterschappen Hollandse Delta*. RPS, Middelharnis.
- Heusden, R. v. (2023). *Jute op rol*. Opgehaald van Jutenederland.nl: <https://www.jutenederland.nl/producten/jute-op-rol/220-gram-m2-doeck/-2598-jute-doeck-gevouwen-1-0-x-100-m-220-gr-m2/>
- Hooijdonk, A. v. (2021, september 24). *Kokos- of jutematten met wilgen als alternatief voor geotextiel*. Opgehaald van waterforum: <https://www.waterforum.net/kokos-of-jutematten-met-wilgen-als-alternatief-voor-geotextiel/>
- iStock. (2023). *Rietoever*. Opgehaald van needpix.com: <https://www.needpix.com/photo/download/861395/reed-reed-belt-landscape-nature-water-bank-plant-live-summer>
- J. Witteman, S. &. (2021). *V2 Definitief Voor- en literatuuronderzoek*. Amsterdam: STOWA.
- Joosten kunststoffen . (2023). *INSTALLATIERICHTLIJNEN KOKOSMATTEN MET GRASAFWERKING*. Delft: Joosten kunststoffen .
- Joosten kunststoffen. (2023). *KOKOSMAT*. Joosten kunststoffen.
- JSTN groep kunststoffen. (2023). *Geotextielen Geogrids*. Opgehaald van JSTN groep kunststoffen: <https://www.joostenkunststoffen.nl/nl/catalog/geotextiel-en-geogrids/groups/g+view>
- Jukema, D. N. (2006). *Marktonderzoek reststromen van groenten en aardappelen in de biologische keten*. Lelystad: LNV/Taskforce Marktontwikkeling Biologische Landbouw.
- Kluizenaar, S. d. (2023, mei). Gespreken afstudeer onderzoek. (E. Hart, Interviewer)
- Leijdekker, R. (2023, maart 15). Pilot wilgen Hollandse Delta. (E. Hart, Interviewer)
- Lemmens, R. (1996). *Natuurvriendelijke verbetering van de zanddichthof van klassieke zink- en kraagstukken*. Delft: Technische Universiteit Delft.
- ludlowjute. (2023). *Jute Geotextiles*. Opgehaald van ludlowjute: <https://www.ludlowjute.com/ludlowproducts/jute-geotextiles/>
- madehow. (2023). *Rei*. Opgehaald van madehow.com: <http://www.madehow.com/Volume-6/Coir.html#ixzz1ObABkL2F>
- Mark. (2018, juli 18). *Walbeschoeiing zelf maken*. Opgehaald van automatischtuinsproeien.blogspot.com: <https://automatischtuinsproeien.blogspot.com/2018/07/walbeschoeiing-zelf-maken.html>
- Martina. (2020, maart 2). *Tropisch hardhout of milieuvriendelijk en duurzaam hout?* Opgehaald van huis-en-tuin.infonu: <https://huis-en-tuin.infonu.nl/producten/126184-tropisch-hardhout-of-milieuvriendelijk-en-duurzaam-hout.html>
- Molenaar, K. (2021). *MKI als sturingsmiddel Webinar Betonakkoord*. Rijkswaterstaat .
- natuurstoffen. (sd). *Vezelhennep*. natuurstoffen, Boxmeer.

- Naue. (2023). *Duurzame, tijdelijke oplossing voor de bestrijding van kokosvezelerosie*. Opgehaald van naue.com: <https://www.naue.com/products/erosion-control-systems/secumat-green/secumat-green-coco/>
- Naue. (2023). *Secumat® Green Jute N*. Duitsland: Naue.
- Ockels. (2023). *Technische specificaties geotextielen kokos geweven*. Opgehaald van ockels-geoprodukten.nl: <http://ockels-geoprodukten.nl/technische-specificaties-geotextielen-kokos-geweven>
- Ockels, R. (2020). *OFFERTE taludbescherming kade Sophiapolder*. Enschede: Ockels Geoprodukten.
- p&p projects. (2023). *HET VERHAAL VAN JUTE*. Opgehaald van p-p.nl: <https://www.p-p.nl/het-verhaal-van-jute/>
- patrick-galle. (2023). *Begroeideoevers*. Opgehaald van patrick-galle.blogspot.com: http://patrick-galle.blogspot.com/2013_11_01_archive.html
- Peek, S. (2023, januari 12). *Wat de toekomst ook brengt: wij zijn er klaar voor!* Opgehaald van gww-bouw.nl: <https://www.gww-bouw.nl/artikel/wat-de-toekomst-ook-brengt-wij-zijn-er-klaar-voor/>
- Reindsen, H. (2022, januari 19). *Vlas en hennep passen binnen EU-doelen*. Opgehaald van nieuweoogst.nl: <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2022/01/19/vlas-en-hennep-passen-binnen-eu-doelen>
- Rijksoverheid. (2022, december 8). *Achtergrondinformatie over het gebruik van geotextiel*. Opgehaald van Rijkswaterstaat: <https://www.rijkswaterstaat.nl/nieuws/archief/2021/03/achtergrondinformatie-over-het-gebruik-van-geotextiel>
- Rijksoverheid. (2023). *Materiaaleigenschappen geotextiel*. Opgehaald van bodemrichtlijn.nl: <https://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bouwstoffen-en-afvalstoffen/geotextiel/materiaaleigenschappen-geo106744>
- Rijksoverheid. (2023). *Richtlijn herstel en beheer (water) bodemkwaliteit*. Opgehaald van bodemrichtlijn.nl: <https://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bouwstoffen-en-afvalstoffen/geotextiel>
- Rijkswaterstaat. (2023). *Bouwstoffase geotextiel*. Opgehaald van bodemrichtlijn.nl: <https://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bouwstoffen-en-afvalstoffen/geotextiel/bouwstoffase-geotextiel>
- S. de Visser MSc, B. R. (2022). *Duurzaamheid filterlagen in oeverbeschermingsconstructies*. Deventer: Witteveen+Bos.
- S.A.M.Schagenbv. (2023). *Beschoeiingen, Schuttingen, Vlonders ETC*. Opgehaald van samschagenbv.nl: <https://samschagenbv.nl/beschoeiingen/>
- Salix. (2015, maart 27). *Erosiebestrijding van overloop- en overstromingsbanken – technisch document*. Opgehaald van salixrw.com: <https://www.salixrw.com/technique/spillways-flood-banks-technical-document/>
- Sazal, M. (sd). *Juteteelt*. Juteteelt. climatelinks, Bangladesh.
- Schoonhoven, M. v. (2019, maart 13). *Hoe duurzaam is kokosmelk?* Opgehaald van eoswetenschap.eu: <https://www.eoswetenschap.eu/voeding/hoe-duurzaam-kokosmelk>
- Schrama, R. (2023, mei 9). *Telefonisch gesprek mogelijkheden biopolymeren*. (E. Hart, Interviewer)
- Sempergreen. (2015). *Talud fietstunnel*. Opgehaald van sempergreen.com: <https://www.sempergreen.com/nl/referenties/talud-fietstunnel>

- Sprenger, M. (2017, oktober 19). *Katoen, het meest vervuilende landbouwproduct van de wereld*. Opgehaald van ecogoodies.nl: <https://ecogoodies.nl/katoen-meest-vervuilende-landbouwproduct-wereld/>
- Stichting vitaal platteland. (2023). *Slootkanten - SVP-Hardenberg*. Opgehaald van svp-hardenberg.nl: <https://svp-hardenberg.nl/deze-site/inrichtingselementen/water/slootkanten/>
- TEFAB. (2023). *Kokosrollen*. Opgehaald van tefab.nl: <https://tefab.nl/producten/kokosrollen/>
- Teunis. (2019, oktober 14). *PREVENTING SHORELINE EROSION WITH A BESE-RIVERBANK IN ZEELAND, THE NETHERLANDS*. Opgehaald van bese-products.com: <https://www.bese-products.com/article/preventing-shoreline-erosion-with-a-bese-riverbank-in-zeeland-the-netherlands/>
- Teunis, M. (2022, december 14). *BIOBASED RIVERBANK RESTORATION KWADIJK, NETHERLANDS*. Opgehaald van bese-products.com: <https://www.bese-products.com/article/biobased-riverbank-restoration-kwadijk-netherlands/>
- Topgazon. (2023). *Waarom kiezen voor ecologische graszoden?* Opgehaald van topgazon.nl: <https://topgazon.nl/gras/waarom-kiezen-voor-ecologische-graszoden/#Wat%20zijn%20Ecologische%20Graszoden%20precies?>
- van Aalsburg. (2023). *Wiepen in beschoeiingen. Minder verstoring van de natuur*. Hellouw.
- vanaalsburgbv. (2023). *Jute doek, Technical data sheet T420*. Hellouw: vanaalsburgbv.
- Vodegel, P. (2023, mei 17). Vragen BASE-elements. (E. Hart, Interviewer)
- voedingscentrum. (2023). *Kokos en kokosvet*. Opgehaald van voedingscentrum.nl: <https://www.voedingscentrum.nl/encyclopedie/kokos-en-kokosvet.aspx#:~:text=De%20kokosnoot%20heeft%20een%20middel-%20tot%20hoge%20klimaatbelasting.,Mangrovebossen%20moeten%20het%20vaakste%20plaat%20maken%20voor%20plantages.>
- Voskamp, W. (2017). *Ontwerprichtlijn Geotextielen onder steenbekleding*. Delft: SBRCURnet.
- Waardenburg Ecology. (2023). *Natuurherstel BESE*. Opgehaald van waardenburg.eco: <https://waardenburg.eco/thema/BESE>
- Westenberg. (2020, mei 29). *Houten damwanden voldoen ruimschoots aan ontwerplevensduur*. Opgehaald van Nationale milieu database: <https://milieudatabase.nl/nl/actueel/nieuws/houten-damwanden-voldoen-ruimschoots-aan-ontwerplevensduur/>
- Weyenberg, S. v. (2021). *Uitvoeringsprogramma Circulaire Economie 2021-2023*. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- wierswaterbouw. (2023). *Natuurvriendelijke oevers*. Opgehaald van wierswaterbouw.nl: <https://www.wierswaterbouw.nl/diensten-producten/oeverbescherming/3-natuurvriendelijke-oevers>
- wikipedia. (2023, jan 30). *Lophira alata*. Opgehaald van Wikipedia: https://nl.wikipedia.org/wiki/Lophira_alata
- wildkamp. (2023). *Geotextiel, wegen- & worteldoeken*. Opgehaald van wildkamp.nl: <https://www.wildkamp.nl/assortiment/tuin-vijvers/tuin-inrichting/geotextiel-wegen-worteldoeken/11010400>

Bijlage 1 Werkplan

10 Werkplan

Gegevens

Algemene gegevens

Projectnaam:

Documenttitel: Afstudeeronderzoek

Versie: 2.0

Status: Definitief

Opdrachtgever: RPS

Plaats: Delft

Studentgegevens

Naam: Els Marinke Hart

Geboortedatum: 09-03-2001

Studienummer: 18063969

Opleiding: HHS Civiele Techniek

Specialisatie: Waterbouw

Adres: Julianalaan 74, 2628BJ Delft

Telefoon: +31 6 55695036

Email: elsmhart@gmail.com

Bedrijfsgegevens

Bedrijf: RPS advies- en ingenieursbureau Delft

Afdeling: Waterveiligheid en Waterbouw

Adres: Elektronicaweg 2, 2628 XG Delft

Telefoon: +31 88 99 04 500

Bedrijfsbegeleider:

Naam: Sandor de Kluizenaar

Functie: teamleider waterveiligheid en waterbouw

Email: sandor.de.kluizenaar@rps.nl

Telefoon: +31 6 4622719

Opleidingsgegevens

School: De Haagse Hogeschool

Adres: Johanna Westerdijkplein, 2521 EN Den Haag

Schoolbegeleiders

1e Begeleider

Naam: Wim Mantje

Email: W.J.Mantje@hhs.nl

2e begeleider

Naam: Witesh Bharos

Email: wbharos@hhs.nl

Voorwoord

Als jonge aankomende civiele ingenieur met een sterke interesse in de implementatie van duurzaamheidsoplossingen, ben ik enthousiast om aan deze afstudeeropdracht te beginnen. Het toenemende bewustzijn van klimaatverandering en de stijgende energiekosten hebben geleid tot een groeiende vraag naar duurzame oplossingen in de bouwsector. Ondanks deze groeiende vraag bestaat er echter nog veel onduidelijkheid over welke duurzaamheidsoplossingen geschikt zijn voor welke toepassingen en wanneer ze moeten worden toegepast.

Mijn doel is te bepalen welke mogelijke duurzaamheidsoplossingen er zijn voor het vervangen van geotextiel. Met als gevolg het terugdringen van milieueffecten en plasticsoep. Daarnaast wil ik ook kijken welke van deze oplossingen het meest effectief kunnen worden geïmplementeerd en welke de hoogste waarde opleveren voor zowel waterschappen als het milieu.

Met dit onderzoek wil ik kennis op het gebied van duurzaam bouwen op doen en waardevolle inzichten verschaffen door het spreken en samen werken met belanghebbende in hoe we de impact op het milieu kunnen verkleinen.

Ik ben enthousiast om dit onderzoeksproject te starten en ik kijk uit naar de uitdagingen en kansen die in het verschiets liggen. Daarbij wil ik alvast mijn afstudeerbegeleiders; San dor de Kluizenaar van RPS, Wim Mantje en Witesh Bharos bedanken voor het begeleiden van mijn traject.

Inhoudsopgave

GEGEVENS.....	71
VOORWOORD	73
8.1 INLEIDING	75
8.1.1 Aanleiding en achtergrond.....	75
8.1.2 Probleemstelling.....	75
8.1.3 Doelstelling.....	75
8.1.4 Onderzoeksvraag en deelvragen.....	75
8.1.5 De opdracht of onderzoeksopzet	75
8.2 COMPETENTIES	76
8.3 PRODUCTENTABEL.....	77
8.4 PROJECTGRENSEN.....	78
8.5 HAALBAARHEID.....	78
8.6 COMMUNICATIE.....	79
8.7 OPENSTAANDE VAKKEN.....	79
8.8 PLANNING.....	79

10.1 Inleiding

10.1.1 Aanleiding en achtergrond

Klimaatverandering, plasticsoep en stijgende energiekosten zijn in de wereld van vandaag een grote zorg geworden. In dit onderzoek wordt gefocust op de alternatieven en duurzaamheidsoplossingen voor het vervangen van geotextiel. Geotextiel draagt ook bij aan plasticsoep en heeft daarom impact op het milieu. Het is daarom erg interessant voor de waterschappen om hier een alternatief voor te hebben.

10.1.2 Probleemstelling

Op het moment is klimaatverandering en plasticsoep een groot probleem, geotextiel levert hier ook een bijdragen aan. Het probleem is dat wanneer geotextiel toegepast wordt in de buitenruimte de kunststof na enige tijd uiteenvalt door verwerking. Hierdoor ontstaan microplastics of slecht oplosbare microdeeltjes die dan terecht komen in het oppervlaktewater.

10.1.3 Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is mogelijkheden te verkennen en te identificeren op het gebied van geotextiel die een bijdrage kunnen leveren aan een duurzamer materiaalgebruik door de waterschappen. Met als einddoel milieueffecten en plasticsoep terug te dringen.

Aan de hand van literatuuronderzoek en gesprekken met o.a. waterschappen worden de mogelijkheden inzichtelijk gemaakt.

10.1.4 Onderzoeksvraag en deelvragen

Welke mogelijke duurzaamheidsoplossing/ materialen kunnen er toegepast worden voor het vervangen van geotextiel van waterbouwkundige constructies?

Verdere deelvragen die hiervoor opgesteld worden zijn:

- Wat is geotextiel, welke toepassing heeft geotextiel in waterbouwkundige constructies (van het waterschap) en wat zijn de uitgangspunten?
- Welke alternatieven (organische materialen) zijn er mogelijk voor het vervangen van geotextiel?
- Wat zijn de voordelen, beperkingen en risico's van de alternatieven?
- Voldoen de alternatieven ook aan de gestelde eisen waar aan geotextiel ook aan voldoet?
- Welk alternatief genereert de hoogste meer waarde voor de klant en milieu?

10.1.5 De opdracht of onderzoeksopzet

Over een periode van 20 weken zal een schema worden opgesteld in verschillende fases om dit onderzoek uit te voeren. Het schema zal de volgende stappen omvatten:

Startfase

- Literatuuronderzoek over huidige situatie van geotextiel en de toepassing ervan in de waterbouwkundige constructies.
- Interviews en gesprekken betreffende huidige situatie
- Uitgangspunten

Onderzoeksfase

- Literatuuronderzoek over verschillende mogelijke duurzaamheidsoplossingen/ materialen en alternatieven.
- Interviewen en bevragen van waterschap(pen) en een aannemers.
- Voordelen en beperkingen bepalen van de alternatieven.
- Mogelijke Risico's analyseren.

- Analyseren en berekenen (van sterkte, milieu impact, kosten) van de oplossingen, eventueel gebruik van de D-serie om een simulatie te simuleren met bestaande geotextiel vs alternatieven geotextiel.
- Het toetsen van het alternatief of de alternatieven aan de gestelde eisen.

Eindfase

- Vergelijking van de voordelen en beperkingen van elke methode en beoordeling van hun geschiktheid en meer waarde.
- Conclusie en aanbevelingen voor de implementatie van duurzame alternatieven voor geotextiel.
- Rapport uitwerken.

10.2 Competenties

Dit onderzoek zal op verschillende manieren bijdragen aan verschillende capaciteiten. De competenties die ik tijdens mijn afstudeeronderzoek verder wil ontwikkelen zijn; Onderzoeken, ontwerpen, management en communicatie.

Onderzoeken

Het uitvoeren van dit onderzoek zal mijn vermogen vergroten om het potentieel van verschillende duurzame bouwmaterialen/ alternatieven voor waterbouwkundige constructies te analyseren en te evalueren. Het onderzoeksproces vereist dat er een grote hoeveelheid informatie en gegevens bekeken moet worden en worden samengevat, hierdoor zal ik kritisch moeten gaan denken en mijn analytische vaardigheden verbeteren.

Ontwerpen

Tijdens het onderzoek ga ik verschillende toekomstbestendige duurzaamheidoplossingen onderzoeken op basis van diverse invalshoeken en richtlijnen en/of eisen van de waterschappen. Ik ga daarvoor verschillende alternatieven onderzoeken en onderbouwen. Daarbij is het belangrijk dat de verschillende wensen van de belanghebbende en de impact op het milieu meegenomen worden. Daarnaast zal het ontwerpen van duurzame oplossingen voor geotextiel creativiteit en probleemoplossend vermogen vergen, wat ik graag verder wil ontwikkelen.

Management/Communicatie

Het doel van het onderzoek is om waarde te creëren voor de waterschappen en om de milieueffecten te verkleinen. Om informatie te verschaffen zal ik ook veel moeten coördineren met andere belanghebbenden, zoals deskundigen in het veld, om informatie en gegevens te verzamelen. Effectieve communicatie en teamwerk zijn daarom cruciaal voor het succes van het onderzoek. Daarnaast zal ik een risico-overzicht maken, om belanghebbende tijdig op de hoogte te stellen van de eventuele risico's zodat hierop ingespeeld kan worden. Ook ga ik de resultaten en alternatieven in dit onderzoek toetsen of het voldoet aan de gestelde eisen, zo nodig moet een volgende cyclus worden gestart.

Het eindresultaat van dit onderzoek is een rapport dat de resultaten en aanbevelingen communiceert aan een breder publiek. De resultaten moeten effectief gecommuniceerd worden op een duidelijke en beknopte manier, waar nodig met gebruikmaking van passende technische taal en visuele hulpmiddelen. Op deze manier kan ik daarom zowel mijn schriftelijke als verbale communicatievaardigheden ontwikkelen.

10.3 Productentabel

In onderstaande tabel is de productentabel weergegeven.

<i>Deelvraag</i>	<i>Producten</i>	<i>Benodigde informatie</i>	<i>Competentie</i>	<i>Tijdsbesteding</i>
<i>Wat is geotextiel, welke toepassing heeft geotextiel in waterbouwkundige constructies (van het waterschap) en wat zijn de uitgangspunten?</i>	Rapportage van literatuuronderzoek en de gesprekken (uitwerking van toepassing, type geotextiel, overzicht uitgangspunten)	Locaties Internet, boeken, ervarings- deskundige	Onderzoeken, management, communicatie	3 weken
<i>Welke alternatieven (organische materialen) zijn er voor het vervangen van geotextiel?</i>	Rapportage van literatuuronderzoek en de gesprekken	Kennis van materialen Internet, boeken, ervarings- deskundige	Onderzoeken, ontwerpen, management, communicatie	3 weken
<i>Wat zijn de voordelen, beperkingen en risico's van de alternatieven?</i>	Rapportage risicoanalyse	Internet, boeken Omgeving Omwonende etc. ervarings- deskundige	Onderzoeken, ontwerpen, Management, communicatie	2 weken
<i>Voldoen de alternatieven ook aan de gestelde eisen waaraan geotextiel ook aan voldoet?</i>	Berekeningen sterkte, milieu (eventueel MKI en D-serie berekeningen), kosten, overige berekeningen/ (tekeningen)	Programma van eisen Internet, boeken	Ontwerpen, management	3 weken
<i>Welk alternatief genereert de hoogste meer waarde voor de klant en milieu?</i>	Multicriteria-analyse	Input belanghebbende	Ontwerpen, management, communicatie	2 weken
<i>Rapport afronden</i>	Rapport	Rapport	Communicatie	1 week

1 week beschikbaar voor eventuele uitloop

10.4 Projectgrens

Er wordt vooral gefocust op de huidige toepassingen binnen het areaal van het waterschap; watergangen, keringen, wegen op keringen, oever beschoeiingen, etc. Omdat geotextiel in deze constructies zorgt voor milieuvervuiling. In eerste instantie wordt er erg breed gekeken naar oplossingen, vervolgens wordt hierop steeds verder ingezoomd.

10.5 Haalbaarheid

Elk onderzoeksproject heeft zijn eigen risico's, en dit onderzoek vormt daarop geen uitzondering. Om de haalbaarheid van het project te waarborgen, is het belangrijk deze risico's te identificeren en te beheersen. Hieronder volgen enkele van de potentiële risico's die de haalbaarheid van dit onderzoeksproject kunnen beïnvloeden:

Tijdsbeheer: Het onderzoek zal worden uitgevoerd over een periode van 20 weken, wat relatief kort is. Vandaar dat er een planning wordt gemaakt zodat de gestelde deadlines behaald kunnen worden.

Beschikbaarheid van gegevens: Een van de belangrijkste risico's van dit onderzoek is de beschikbaarheid van gegevens. Er zullen gegevens verzamelen moeten worden uit verschillende bronnen. In sommige gevallen zijn de gegevens niet direct beschikbaar of niet misschien niet meteen actueel, wat de nauwkeurigheid van de resultaten kan beïnvloeden. Er zullen daarom ook veel gesprekken met deskundige moeten worden gevoerd.

Betrokkenheid van belanghebbenden: Het succes van dit onderzoeksproject is afhankelijk van de betrokkenheid van belanghebbenden van de waterschappen. Als het niet lukt om in contact te komen met de juiste belanghebbenden of als de belanghebbenden niet bereid zijn deel te nemen, kan dit gevolgen hebben voor de haalbaarheid van het project. Hiervoor is goede communicatie essentieel.

Technische uitdagingen: De implementatie van duurzame oplossingen voor geotextiel is een complex proces dat een reeks technische uitdagingen met zich meebrengt. Veel berekeningen die uitgevoerd moeten worden beschikken misschien niet meteen tot mijn kennis. Dit moet in de planning meegenomen worden dat hier wellicht meer tijd voor nodig is.

Om deze risico's te beperken, zullen er risicobeheerstrategieën moeten worden toegepast, waaronder:

Tijdsbeheer: Ik zal een gedetailleerde projectplanning opstellen met wat extra tijd voor eventuele uitloop, waarin alle taken en deadlines worden geschetst, om ervoor te zorgen dat het project op schema blijft.

Beschikbaarheid van gegevens: Ik zal proactief zoeken naar gegevens uit verschillende bronnen en zal de gegevens moeten valideren om de nauwkeurigheid ervan te garanderen.

Betrokkenheid van belanghebbenden: Ik zal sterke relaties opbouwen met belanghebbenden, met behulp van effectieve communicatie.

Technische uitdagingen: Ik zal steun zoeken van deskundigen en literatuur om mijn technische vaardigheden te verbeteren

10.6 Communicatie

Effectieve communicatie is een belangrijk aspect van elk onderzoeksproject, omdat het ertoe bijdraagt dat alle belanghebbenden op de hoogte zijn van de voortgang van het onderzoek en input en feedback kunnen geven. In dit onderzoek is dat ook zo, er wordt daarom wekelijks met mijn bedrijfsbegeleider afgesproken en om de twee weken met mijn eerste begeleider van de Haagse Hogeschool. Deze besprekingen zijn per week flexibel te bepalen en zullen of fysieke of onlinebijeenkomsten zijn, afhankelijk van wat mogelijk is. Via de mail en telefonisch wordt het contact onderhouden en kunnen afspraken worden gemaakt.

10.7 Openstaande vakken

Ik heb geen openstaande vakken.

10.8 Planning

In onderstaande tabel is de planning weergegeven voor komende 20 weken.

<i>Week</i>	<i>Datum</i>	<i>Omschrijving</i>
1	20 t/m 26 feb	Goedkeuren werkplan, deelvraag 1
2	6 t/m 12 mrt	Deelvraag 1
3	13 t/m 19 mrt	Deelvraag 1 Literatuuronderzoek huidige functies af
4	20 t/m 26 mrt	Deelvraag 2
5	27 t/m 2 apr	Deelvraag 2
6	3 t/m 9 apr	Deelvraag 2 Literatuuronderzoek nieuwe mogelijkheden af
7	10 t/m 16 apr	Deelvraag 3
8	17 t/m 23 apr	Tussen peiling, deelvraag 3 analyse voor- en nadelen en risico's af
9	24 t/m 30 apr	Deelvraag 4
10	1 t/m 7 mei	Deelvraag 4
11	8 t/m 14 mei	Deelvraag 4 berekeningen en toetsing af
12	15 t/m 21 mei	Deelvraag 5
13	22 t/m 28 mei	Deelvraag 5 MCA en conclusie af
14	29 t/m 4 jun	Uitloop
15	5 t/m 11 jun	Inleveren concept afstudeerrapport
16	12 t/m 18 jun	Optimaliseren rapport
17	19 t/m 25 jun	Inleveren definitief afstudeerrapport
18	26 t/m 2 jul	Vorbereiden presentatie
19	3 t/m 9 jul	Presentatie en verdediging
20	10 t/m 16 jul	Afsluiting

Bijlage 2 Reflectie

11 Reflectie

In deze bijlage kijk in terug naar mijn afstudeertraject en reflecteer ik op mijn competenties en mijn ontwikkeling gedurende mijn stage.

11.1 Competenties

Dit onderzoek heeft op verschillende manieren bijdragen aan verschillende capaciteiten. De competenties die ik tijdens mijn afstudeeronderzoek heb ontwikkelen zijn; Onderzoeken, ontwerpen, management en communicatie. In deze paragraaf zal ik hierop reflecteren. Er wordt hier bij antwoord gegeven op de vragen: Heb ik de competentie op niveau III behaald? En welke producten uit mijn afstudeerrapport toon ik dat aan?

11.1.1 Onderzoeken

Een groot deel van mijn onderzoek bestaat uit literatuurstudie. Door mijn dyslectici zijn mijn analytische vaardigheden nooit mijn sterkste kant geweest, ik wilde daarom in dit onderzoek hieraan werken. Ook heb ik nog nooit eerder een onderzoek van begin tot eind zelf moeten uitvoeren zonder concreet doel of een onderzoeksopzet. Dit was voor mij de eerste grootste uitdaging. In het begin merkte ik dat ik veel zoekende was waar ik heen wilde, maar ook wat er van mij verwacht werd. Ik merkte dat het hielp om alvast een structuur te creëren die ik vervolgens een invulling kon geven. Na de hoofdvraag te hebben geformuleerd heb ik mijn deelvragen geformuleerd. Gaande het traject merkte dat ik deze ben blijven veranderen en aanscherpen tot ik echt had geformuleerd waar ik naar toe wilde. Al vrij snel merkte ik dat ik sommige stukken beter kon omdraaien om het een logischer geheel te maken. Een andere vuilkuil was dat ik zo in het onderwerp zat bepaalde dingen voor de lezer niet meer opschreef. Toen mijn onderzoek verder voordere liep ik steeds tegen dingen aan die ik graag wilde onderzoeken maar niet mogelijk waren door of het gebrek aan informatie of door het gebrek aan beschikbare rekentools. Zo wilde ik graag van de materialen de MKI-waarde bepalen, maar dit bleek toch wat hoger gegrepen dan verwacht. Ik denk zeker dat ik deze competentie op niveau drie heb gehaald omdat ik heb aangetoond van een heel veel literatuur een compact geheel te maken en enkel te focussen wat van toepassing is op mijn onderzoek. Ook vond ik afbakenen altijd erg moeilijk omdat ik wilde graag alles onderzoeken, maar in de tijd die je hebt is dat helaas niet mogelijk. In dit onderzoek heb ik dit ook zeker laten zien door de keuze te maken om te focussen op alleen waterbouwkundige constructies en vervolgens op de kleine oeverwerken en bestaande materialen. Tot slot geef ik een discussie en aanbeveling waaruit blijkt dat ik kritisch naar mijn eigen werk kijk en aanbevelingen geef op zowel de korte als de lange termijn. Mijn hele rapportage toont aan dat ik aan deze competentie heb voldaan.

11.1.2 Ontwerpen

Ik vind het leuk om oplossingsgericht en creatief te denken, ik vond het heel leuk dat ik in dit onderzoek dat ook kwijt kon. In het begin had ik allemaal enthousiaste plannen en ontwerp ideeën,

echter gedurende het traject waren dit toch niet echt realistische ideeën om uit te werken. Omdat ik geen prototype kon maken en dat ook helemaal niet de bedoeling was. Ik merkte dat ik daardoor even was afgedwaald. Ik bleef kritisch en realistisch waardoor het gelukkig niet uit de hand liep. Ik toon in mijn rapport aan dat ik heb voldaan aan deze competentie door de verschillende mogelijkheden te generen voor een alternatief voor kunststofgeotextiel. Op basis van een pakket van uitgangspunten, eisen en wensen wordt ook aangetoond dat de ontwerpen voldoen aan dit pakket. Ik heb dit op niveau drie bereikt omdat ik naar verschillende ontwerpen heb gekeken en deze ook heb aangetoond voor welke oeverconstructie die geschikt is.

11.1.3 Management/Communicatie

Om informatie te verschaffen heb ik naast mijn literatuuronderzoek veel met leveranciers, producenten en specialisten gepraat. Ook ben ik veel in contact geweest met waterschappen en naar verschillende project locaties geweest. Door het spreken van experts raakte ik sneller in het onderzoek en gaf het al vrij snel vorm. Aan de hand van hun ervaring en informatie heb ik eigen conclusies kunnen trekken en analyses opgesteld. Ik heb zeker aan deze competentie voldaan omdat ik veel initiatief heb getoond, veel nuttige informatie van verschillende bedrijven heb kunnen verwerken. Ik kreeg helaas niet altijd reactie en soms ook niet positief, ongestoord ging ik verder en probeerde ik het op een ander manier of bij een ander bedrijf. In mijn rapport toon ik deze competentie aan door de verschillende bronvermelding bij de informatie die ik heb verwerkt.

Een ander doel hierbij was het zo opstellen van mijn rapport dat een breder publiek het begrijpt en er informatie uit kan halen. Dit was voor mij nog een grootte uitdaging omdat mijn schriftelijke communicatie vaak minder helder is dan mijn verbale communicatie. Toch denk ik dat ik hier goed aan voldaan heb door simpele taal te gebruiken en van begin tot eind de lezer makkelijk mee kan nemen in het onderzoek. Ik wil mijn rapport ook zeker aan een aantal personen delen zodat zij wellicht mijn onderzoek kunnen gebruiken, mits dit ook kan vanuit RPS.

11.2 Persoonlijke ontwikkeling

Mijn start was helaas niet hoe ik het voor mij zag, ik begon later en had veel aan mijn hoofd. Ik merkte dat als ik bezig was, ik lekker kon focussen op mijn onderzoek en dat vond ik fijn. Al snel had ik door dat 40 uur in de week best veel zijn en dat mijn energieniveau dat maar net aankon. Ik was kapot na het eind van de dag, maar vond het wel leuk wat ik deed. Ik vond het leuk om mensen te spreken, op uitstapjes te gaan en me te verdiepen in een onderwerp waar ik niks van af wist. Ik vond het niet altijd even makkelijk omdat ik soms niet meer wist of ik op de goede weg zat of dat wat ik aan het doen wel nuttig was. Ik heb dat nog nooit eerder zo ervaren. De begeleidende gesprekken hebben mij hierin veel geholpen. Ik denk dat mijn sterke punt gedurende mijn afstuderen hieruit voort is gekomen dat ik niet op geef en het maximale ergens uit wil halen. Ik vond het erg moeilijk om soms te merken dat ik niet het maximale kon geven omdat ik daar op dat moment geen energie voor had. Mijn zwakke punten gedurende mijn afstuderen zijn geweest dat ik veel wilde, maar dit niet altijd mogelijk was en dat ik mij voornamelijk verkeek in de tijd dat ik voor iets uittrok. Al met al ben ik trots met het resultaat wat ik heb neergezet en dankbaar voor de fijne periode bij RPS en de steun van mijn begeleiders.

Bijlage 3 Materialen

12 Materiaal alternatieven

In deze Bijlage worden de materiaaleigenschappen en milieuaspecten verder toegelicht.

12.1 Jute

12.1.1 Materiaaleigenschappen

Jute Nederland

Jute Nederland is een onderdeel van R. van Heusen b.v., een internationaal opererend handelsbedrijf. Het bedrijf laat hun jute in India en Bangladesch produceren en importeert het daarna naar Nederland. Jute Nederland verkoopt alleen maar jute producten. Ze verkopen jute zakken, sluitkoorden jute op rol, camouflage doeken en jute vellen. Voor jute als geotextiel is jute op rol voornamelijk relevant. Deze variant heeft een gewicht van 220 gram/m² en een formaat van 1,0 x 100 meter. Ook is het mogelijk om grote oplages of specifiek doek te bestellen, ze staan open voor het bespreken van mogelijkheden en het geven van adviezen. Verdere gegevens zijn niet bekend, de levensduur is volgens de producent zeker 1 jaar wanneer het zowel in contact is met water als met lucht. (Heusden, 2023)

Ludlow

Een ander bedrijf is Ludlow jute uit India ook zij produceren veel verschillende producten waaronder ook geotextiel. Voordelen die zij aan hun geotextiel producten hangen zijn: De matten absorberen water, bevordert vegetatie en is biodegradable. (ludlowjute, 2023) Daarnaast hebben ze ook meerdere producttypes met de materiaaleigenschappen gebaseerd op de functie van het geotextiel. In Figuur 32 en Figuur 33 zijn deze opgenomen.

Jute geotextiles for the control of surface soil erosion by Rain & Wind: Open Weave Jute Geotextile					
TYPE 1		TYPE 2		TYPE 3	
Weight(g/m2)	: 730(5%)	Weight(g/m2)	: 500 (5%)	Weight(g/m2)	: 292 (5%)
Threads/dm (MD * CD)	: 7*7	Threads/dm (MD * CD)	: 6.5*4.5	Threads/dm (MD * CD)	: 11*12
Thickness (mm)	: 7(10%)	Thickness (mm)	: 5(10%)	Thickness (mm)	: 3(10%)
Width (cm)	: 122	Width (cm)	: 122	Width (cm)	: 122
Aperture Size (mm)	: 12*12	Aperture Size (mm)	: 13*20	Aperture Size (mm)	: 8*7
Strength (kN/m) MD*CD	: 12*12	Strength (kN/m) MD*CD	: 10.4*7.90	Strength (kN/m) MD*CD	: 10*10
Elongation at break (%)	: 10*12	Elongation at break (%)	: 11*15	Elongation at break (%)	: 12*12

Figuur 32 Materiaaleigenschappen jute geotextiel voor erosie door regen en wind (ludlowjute, 2023)

For Separation & Filtration:
Typical Woven Jute Geotextile

Construction Double-wrap plain weave	Weight (gsm) at 20% M.R.	Puncture Resistance (kN)	Thickness (mm)	Width (cm)	Ends * Picks / dm	Permittivity at 50 mm constant heads/s)	A.O.S (micron) 095	Burst strength (kPa)	Wide Width Tensile Strength (kN/m) MD*CD
For application in rural road grey (untreated)	724 (5%) (untreated)	0.500 (10%)	1.85 (10%)	200*	94 * 39	0.35 (10%*)	150-400	3500 (10%)	25 * 15
For application in river bank grey (untreated)	627 (5%) (to be treated with suitable additive)	0.400 (10%)	1.70 (10%)	200*	85 * 32	0.35 (10%*)	150-400	3100 (10%)	20 * 20

Figuur 33 Materiaaleigenschappen jute geotextiel voor scheiding en filtratie (Iudlowjute, 2023)

Naue

De materiaaleigenschappen en de verpakking van het doek die hier van toepassing zijn, zijn opgenomen in Figuur 34.

Secumat® Green Jute N 500 20x30 packaging

Secumat® Green Jute N is delivered baled in ten panels:

Product	Property	Value
Secumat® Green Jute N 500 20x30	Weight per unit area	500 g/m ²
	Mesh size (Warp x Weft)	20 mm x 30 mm

Standard dimensions	Property	Value
Bale	Dimension (W x L x H)	0.4 x 1.3 x 0.6 m
	Total surface area	610 m ²
	Weight	305 kg
	Quantity	10 panels/bale
Panel	Dimension (W x L)	1.22 x 50 m
	Total surface area	61 m ²
	Weight	30.5 kg

We recommend fixing Secumat® Green Jute N 500 20x30 with Secumat® Green PinW 30 wooden pins. (Fig. 4)

Figuur 34 materiaaleigenschappen jute geotextiel en verpakking (Naue, 2023)

Van Aalsburg b.v.

Van Aalsburg b.v. is veel bezig met het implementeren van jute doek binnen hun projecten. Van Aalsburg is een familiebedrijf wat zich voornamelijk bezighoudt met het plaatsen van wilgtenen beschoeiingen, zinkstukken, legankers en andere natuurlijke projecten. Het jute geotextiel halen ze bij een leverancier vandaan. Zij hebben in Middelharnis de beschoeiing geplaatst en het jute doek als pilot. Via hen zijn een aantal materiaaleigenschappen bekend over hun jute doek wat ze gebruiken, deze zijn weergegeven in Figuur 35.

Quality		T420
Material		100 % Jute
Weave		2/1 weave (tarpauling)
Weight		± 425 gr/m ²
Yarn number	Warp	Nm 3,6/1
	Weft	Nm 3,0/1
Threads per 10 cm	Warp	46
	Weft	41
Colour		natural
Finish		no finish
Packing		rolled on paper tube
Tensile Strength - dry	Warp	Max. 15kN
	Weft	Max. 38 kN
Certificate		Ökotex 100

Figuur 35 Materiaaleigenschappen jute, Van Aalsburg (vanaalsburgbv, 2023)

12.1.2 Milieuaspecten

Het is belangrijk om in de gehele keten te kijken van de productie tot aan het vergaan van het jute product. Als er wordt gekeken naar de emissies die vrij komen bij de productie kan dat per organisatie verschillen afhankelijk hoe zij produceren. Dit heeft er voornamelijk mee te maken of een bedrijf gebruikt maakt van biobrandstoffen of fossiele brandstoffen. Stoffen die voornamelijk vrij zullen komen zijn dan CO₂, methaan of lachgas. Wanneer een bedrijf gebruikt maakt van chemicaliën voor de planten groei of bescherming kan tijdens het wassen van de planten verontreinigde stoffen in het water terecht komen en het water vervuilen. (groenezaken, 2018)

Daarentegen is jute een hernieuwbare stof in tegenstelling tot plastic en synthetische stoffen afkomstig uit fossiele brandstoffen, het kan binnen een jaar tijd volledig terug groeien en gefabriceerd worden tot geotextiel, ook put jute de grond minder snel uit. Daarnaast nemen de planten tijdens de groei CO₂ op in hun vezels en geven zuurstof terug aan de atmosfeer. Dit is de reden waarom jute vaak als CO₂-neutraal wordt beschouwd, echter komen er naast emissies tijdens het productieproces ook broeikasgassen vrij tijdens het transport. Omdat jute producten vaak een lange afstand moeten afleggen tot hun bestemming. Dit kan via schepen, vrachtwagens etc. en zorgt voor een hoge CO₂-uitstoot. Echter een ander voordeel wat meegenomen wordt is dat de jute plant in vergelijking met andere planten minder water nodig heeft. Zo gebruikt katoen 10.000 tot 20.000 liter water voor het produceren van 1 kg katoen, terwijl jute 4.000 tot 5.000 liter verbruikt voor dezelfde hoeveelheid. (Sprenger, 2017)

Voor zowel kleine diertjes als voor grotere diertjes, waterkwaliteit en milieu vormt jute als geotextiel geen probleem. Dat komt omdat jute 100% biologisch afbreekbaar is. Echter is het wel zo omdat jute plantaardig is dat schimmels, micro-organisme en bacteriën eerder de jute zullen aantasten dan bijvoorbeeld het klassieke kunststof geotextiel. Dit is ook een van de redenen van de korte levensduur. Wanneer er grotere stukken losraken zal dit geen vervuiling zijn voor het milieu en de dieren. Echter hele grote stukken kunnen net als bladeren, taken en los drijvend plastic wel een probleem zijn voor pompen, duikers etc. Hier moet daarom nog steeds goed op gecontroleerd worden.

12.2 Kokos

12.2.1 Materiaaleigenschappen

Joosten kunststoffen

Joosten kunststoffen is een Nederlands geotextiel bedrijf. Naast hun verschillende kunststoffen producten hebben zij ook een kokos variant. Hun non-woven kokos mat is ontwikkeld voor om erosie bij oevers en hellingen te voorkomen. Eerst wordt de oever/ helling ingezaaid en vervolgens wordt de mat geplaatst, deze zorgt ervoor dat ook in de beginfase het talud niet weggespoeld wordt. Een andere mogelijkheid is om de mat van tevoren in te zaaien, om op die manier plantengroei te bevorderen. De matten worden vastgezet met grondpennen en door twee PP netjes worden de vezels op hun plek gehouden. Voor het bevestigen van de mat aan het talud worden pennen gebruikt (Joosten kunststoffen, 2023) In Figuur 36 zijn zowel de technische gegevens als een voorbeeld van de matten afgebeeld.

Technische gegevens

Materiaal	100% kokos		
Materiaal net	PP		
Eigenschappen	Waarde	Eenheid	Norm
Gewicht:	350	g/m ²	
Treksterkte MR droog:	3,9	kN/m	EN ISO 10319:2008-10
Treksterkte DR droog:	2,2	kN/m	EN ISO 10319:2008-10
Rek bij breuk MR droog:	27,2	%	EN ISO 10319:2008-10
Rek bij breuk DR droog:	11,9	%	EN ISO 10319:2008-10
Afmetingen			
Breedte:	2,40	m	
Lengte:	50,00	m	
Oppervlakte:	120,00	m ²	
Gewicht rol	42,00	kg	



Figuur 36 Materiaaleigenschappen non-woven kokos geotextiel (Joosten kunststoffen, 2023)

Ockels

Een ander bedrijf die kokos geotextiel verkoopt is Ockels. Ockels verkoopt geweven matten, niet-geweven matten en kokos rollen. In Figuur 37 zijn de materiaaleigenschappen van het geweven te zien.

PRODUCTNUMMER	GRONDSTOF	KLEUR	AFMETING	GEWICHT	STERKTE	WATERDOORL.	DRAGER	VOORRAAD
Kokosweefsel								
kgw-400	kokos	bruin	rollen van 50 m. x 2,0 m.	400 gr/m ²	ca. 5/4 kN/m ¹	zeer goed	nvt	op aanvraag
kgw-700	kokos	bruin	rollen van 50 m. x 2,0 m.	700 gr/m ²	ca. 12/11 kN/m ¹	zeer goed	nvt	op aanvraag
kgw-900	kokos	bruin	rollen van 50 m. x 2,0 m.	900 gr/m ²	ca. 20/10 kN/m ¹	zeer goed	nvt	op aanvraag

Figuur 37 materiaaleigenschappen geweven kokos matten (Ockels, 2023)

Net als bij Joosten kunststoffen worden de vezels bij elkaar gehouden door een drager (net), bestaande uit pp of jute. In Figuur 38 zijn zowel de materiaaleigenschappen van het kokosvlies (niet-geweven) als de kokos rollen te zien.

PRODUCTNUMMER	GRONDSTOF	KLEUR	AFMETING	GEWICHT	STERKTE	WATERDOORL.	DRAGER	VOORRAAD
Kokosvlies								
k-100-p	kokos	bruin	rollen van 50 m. x 2,4 m.	350 gr/m ²	ca. 4/1 KN/m ¹	goed	pp-net	op aanvraag
k-100-j	kokos	bruin	rollen van 50 m. x 2,4 m.	450 gr/m ²	ca. 5/3 KN/m ¹	goed	jute-net	op aanvraag
Kokosrollen								
GeoW-30	kokos	bruin	rollen van 3 m. x diameter 30 cm.	ca. 9 kg/m ¹			pp of jute	op aanvraag
GeoW-40	kokos	bruin	rollen van 3 m. x diameter 40 cm.	ca. 16 kg/m ¹			pp of jute	op aanvraag

Voor het vastzetten van het kokos geotextiel aan de ondergrond kunt u onze houten grondpennen toepassen

Figuur 38 Materiaaleigenschappen kokosvlies (niet-geweven) (Ockels, 2023)

Naast de matten en de rollen leveren ze ook houten grondpennen die het geotextiel op hun plek zullen houden.

Naue

Het Duitse bedrijf Naue levert ook geweven, niet-geweven en rollen kokos geotextiel. Daarnaast hebben zij ook houten grondpennen om de doeken te bevestigen. In Figuur 39. Zijn de materiaaleigenschappen van het geweven geotextiel van Naue te zien.

Secumat® Green Coco N variants

Die Secumat® Green Coco N products are available in the following weights per unit area:

Product	Property	Value
Secumat® Green Coco N 400 20x30	Weight per unit area	400 g/m ²
	Mesh size (Warp x Weft)	20 mm x 30 mm
	Roll dimensions (L x W)	2 m x 50 m
Secumat® Green Coco N 700 15x20	Weight per unit area	700 g/m ²
	Mesh size (Warp x Weft)	15 mm x 20 mm
	Roll dimensions (L x W)	2 m x 50 m
Secumat® Green Coco N 900 10x15	Weight per unit area	900 g/m ²
	Mesh size (Warp x Weft)	10 mm x 15 mm
	Roll dimensions (L x W)	2 m x 50 m

Figuur 39 Materiaaleigenschappen geweven kokos netten (Naue, 2023)

In Figuur 40 zijn de materiaaleigenschappen van de niet-geweven matten weergegeven.

Secumat® Green Coco M 450 packaging

Secumat® Green Coco M 450 coir mats are supplied in rolls:

Product	Property	Value
Secumat® Green Coco M 450	Weight per unit area	450 g/m ²
	Roll dimension (W x L)	2.4 m x 50 m

Figuur 40 Materiaaleigenschappen niet-geweven matten (Naue, 2023)

De materiaaleigenschappen van de kokos rollen zijn opgenomen in Figuur 41.

Secumat® Green Coco R 30 packaging

Secumat® Green Coco R 30 coir rolls are supplied bundled:

Product	Property	Value
Secumat® Green Coco R 30	Weight	25.5 kg
	Dimension (D x L)	0.3 m x 3 m
	Mesh size (knotted Warp x Weft)	50 mm x 50 mm
	Density	125 kg/m ³

Secumat® Green Coco R 30 should be fixed in place using standard wooden stakes provided for this purpose. Further information is available in our installation instructions for georolls.

Figuur 41 Materiaaleigenschappen kokosrollen (Naue, 2023)

12.2.2 Milieuaspecten

De kokosvezel is een 100% biologisch afbreekbaar product en ook een biologisch hernieuwbaar product. Echter hebben bijvoorbeeld de vliezen van Joosten kunststoffen een drager van PP die niet biodegradable en biobased is. De voorkeur gaat daarom uit naar een van de matten die bijvoorbeeld een drager van jute hanteren.

Daarnaast is het ook voor kokos belangrijk om naar gehele keten te kijken. Kokos producten komen van ver, waardoor ze verscheept/ vervoerd moeten worden naar Nederland, wat naast transport kosten ook voor extra uitstoot zorgt. “Nederlandse consumentenorganisatie Milieu Centraal geeft kokosnoot een B: het is welbeschouwd een ‘goede keuze’.” (Schoonhoven, 2019)

Het productieproces is met een vezeltrekbank. Het vlechten van de matten is deels machinaal en deels handmatig en voorziet het dorp ter plaatse van veel werk. (Dijk, 2023) Ook hier komen broeikasgassen vrij, dit is echter te verwaarlozen. De productie van kokos geotextiel wordt nog veel met de hand gedaan en is daarom een arbeidsintensief proces. Daarnaast moeten de kokosnoten rotten in water wat vaak in het oppervlaktewater gebeurt waardoor het water vervuild kan raken, wanneer boeren pesticiden hebben gebruikt tegen ongedierte. De kokosvezel is een restproduct van de productie van kokosolie, door van de vezels geotextiel te maken wordt de kokosnoot voor meerdere toepassingen ingezet, wat wel weer goed is voor het milieu.

Kokospalmen kunnen wel 30 meter hoog worden dit zorgt ervoor dat het plukken van kokosnoten gevaarlijk is, daarom worden er in een aantal landen nog steeds getrainde apen ingezet voor de oogst van kokosnoten. Gelukkig is dit steeds minder zo en is dit nu ongeveer 4% wereldwijd. (Gent, 2022) Een ander nadeel is dat het waterverbruik van kokospalmteelt erg hoog ligt en daarom ook van de productie van kokos geotextiel. Ook vindt er vaak ontbossing plaats voor het opzetten van nieuwe kokospalmplantage met als gevolg veranderingen in ecosystemen. (voedingscentrum, 2023) Waar rekening mee gehouden moet worden is dat niet elke leverancier hetzelfde is en daarom ook veel verschil zit in de het op een verantwoorde wijzen produceren van kokos producten.

Wanneer er wordt gekeken naar het plaatsen van geotextiel is dit juist weer goed voor de biodiversiteit, verschillende kleine diertjes kunnen zich bijvoorbeeld nestelen in de kokosrollen. En vogels kunnen resten kokosvezels gebruiken voor hun nest. Verder heeft kokos geotextiel geen negatieve gevolgen bij de afbraak omdat het volledig biologisch afbreekbaar is. Net als bij jute is het wel mogelijk dat grote loskomende stukken eventueel problemen zouden kunnen veroorzaken bij pompen, duikers, stuwen, etc. in de omgeving. Hier moet daarom op gecontroleerd worden.

12.2.3 Kosten

Aan de hand van een offerte van Ockels kan er een inschatting gemaakt worden voor de kosten van het geotextiel deze is weergegeven in Figuur 42.

Kokosvlies uitgangspositie ca. 1.500 m²:

Materiaal : **K-100-J2** (kokosvlies 450 gr/m², met aan beide zijden jute netje)
 Afmeting : rollen van 50 m. x 2,40 m.
 Prijs : Euro 2,19 per m²

Kokosrollen uitgangspositie 60 meter lengte:

Materiaal : GeoW-40 (kokosrollen met diameter van 40 cm.)
 Afmeting : lengte kokosrol is 3 meter.
 Prijs : Euro 27,75 per m¹

Kokosrollen met rietplanten uitgangspositie 60 meter lengte:

Materiaal : **GeoW-30 met rietplanten** (kokosrollen met diameter van 30 cm.)
 Afmeting : lengte kokosrol is 2,50 meter.
 Prijs : Euro 28,20 per m¹

Materiaal : **Houten pennen** met dwarspennetje (lengte van 30 cm.)
 Hoeveelheid : nader te bepalen
 Prijs : Euro 82,65 per doosje
 Verpakking : 250 stuks/doosje

Figuur 42 Offerte Ockels Sophia polder (Ockels, 2020)

Daarnaast hebben ze ook de leveringsvoorwaarden genoemd met een leveringsprijs van ongeveer €350,00 excl. BTW.

Joosten kunststoffen hanteert een prijs van 29,50 euro per m². De afmetingen van de rollen zijn 0,90x10m of 1,50x10m. Deze worden geleverd of kunnen afgehaald worden.

Verzenden wordt gedaan tegen 75,50 euro transportkosten. (Dijk, 2023)

Ook voor kokos geotextiel wordt er aangeraden vooraf gebruik een offerte aanvraag doen om verschillende leveranciers goed te kunnen vergelijken.

12.3 Biopolymeren

12.3.1 Materiaaleigenschappen

De materiaaleigenschappen van de BASE-elementen zijn weergegeven in Figuur 43.

BESE-elements®

Biodegradable elements for starting ecosystems

SIZE AND WEIGHT	922 x 455 x 20 mm, 0.44 KG/sheet
AREA/VOLUME ; DENSITY	80 m ² /m ³ ; 1,3 g/cm ³
CERTIFICATION	The biopolymer Solanyl is certified as EN13432 (industrial composting) and certified according TÜV AUSTRIA OK compost.
BIODEGRADABILITY	Biodegradability depends on environmental conditions. Estimates Type 1: biodegradation in 10 to 20 years ¹ ; Type 2: biodegradation in 2 to 4 years.

Figuur 43 Materiaaleigenschappen BASE-elementen per sheet (Didderen, 2023)

12.3.2 Milieuaspecten

De biopolymeren zijn volledig afkomstig van alle restproducten van aardappels, van zetmeel van frietfabrieken tot afgekeurde aardappels. Wanneer de producten ook afgekeurd worden voor veevoer, koopt Rodenburg ze op en maakt er technische bioplastics van. Met deze methode hoeft er geen grondstof speciaal gekweekt te worden, dit is daarom minder belastend voor het milieu.

Voor het productieproces bij Rodenburg geldt dat er voor het produceren van de compound een vergelijkbare energie verbruikt wordt als de conventionele granulaat productie. Echter gebruikt het bedrijf merendeel eigen opgewekte zonne-energie voor de productie. Daarnaast is er minder energie nodig dan bij conventionele plastics, omdat de verwerkingstemperatuur van de bio plastics veel lager ligt. (Schrama, 2023) Rodenburg en BASE zijn Nederlandse bedrijven waardoor de uitstoot van het transport laag ligt. Er kan gesteld worden dat gemiddeld de milieu-impact van bio kunststoffen de helft is van de huidige kunststoffen. (Circo, 2023)

Daarnaast hebben de verbindingen in de producten een OK compost industrieel certificaat. Dit houdt in dat bij een bepaalde temperatuur of in een composteerinstallatie het materiaal binnen 6 maanden wordt opgegeten door micro-organisme en wordt omgezet in natuurlijke onschadelijke moleculen. Echter is de temperatuur die nodig is voor deze biologische afbraak over het algemeen veel hoger dan in de natuur. In de praktijk zal de afbraak daarom langzamer zijn. (BESE, 2023)

Een ander voordeel is dat het geplaatste materiaal na loop van tijd niet weggehaald hoeft te worden wat ervoor zorgt dat organisme en planten die daar leven niet gestoord worden. De BASE-elementen worden naast natuurherstel en bescherming ingezet om de biodiversiteit te bevorderen. Op ecologisch gebied scoren de BASE-elementen daarom ook hoog.

Bijlage 4 Visualisatie oeverconstructies

Tabel 16 visualisatie oeverconstructies

Oeverconstructie	Visualisatie
Natuurvriendelijke oevers	 <i>Figuur 44 Natuurvriendelijke oevers (Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard, 2022)</i>
Beschoeiing voor natuurvriendelijke oevers	 <i>Figuur 45 Beschoeiing voor natuurvriendelijke oevers (Gardenid, 2023)</i>
Grasoevers	 <i>Figuur 46 Grasoevers (Batavodurum, 2023)</i>
Rietoevers	 <i>Figuur 47 Rietoevers (iStock, 2023)</i>

Begroeide oevers



Figuur 48 Begroeide oevers (patrick-galle, 2023)

Natuurvriendelijke oevers in combinatie met breuksteen



Figuur 49 Natuurvriendelijke oevers in combinatie met breuksteen (wierswaterbouw, 2023)

Rollen beschoeiing



Figuur 50 Rollen beschoeiing (TEFAB, 2023)

Wilgentenen beschoeiing



Figuur 51 Wilgentenen beschoeiing (van Aalsburg, 2023)

Houten palen schotten beschoeiing



Figuur 52 Houten palen schotten beschoeiing (S.A.M.Schagenbv, 2023)