



**DIJKENVELDEN**



**V2 Definitief Voor- en literatuuronderzoek**

*Stein Losekoot (500779207) & Joep Witteman (500779481)*

*[15-04-2021]*

---

*Duurzaam durven denken*

---

*1<sup>e</sup> lezer / begeleidende docent: Paul Termes*

*2<sup>e</sup> lezer: Arjan Kooij*

*Hogeschool van Amsterdam*

*Built Environment Water*

## Voorwoord

Begin februari 2021 mogen wij (Stein Losekoot en Joep Witteman) beginnen met ons afstudeeronderzoek van de opleiding Built Environment Water. Dit is een vast onderdeel bij alle opleidingen van de Hogeschool van Amsterdam. Tijdens het afstuderen moet de student laten zien dat hij of zij beschikt over voldoende basiskennis en onderzoekend vermogen binnen het vakgebied.

Begin september 2020 zijn wij gestart met de minor SYBIT, deze minor hebben wij gevolgd aan de Hogeschool van Amsterdam. Tijdens deze minor hebben wij de startup DijkenVelden opgezet. DijkenVelden zet zich in om sporttechnisch versleten kunstgras te hergebruiken in de waterbouw. Om de toepassingen van kunstgras te onderzoeken is er een onderzoek nodig dat gericht is op de milieu- en de technische-eigenschappen van het kunstgras. In het onderzoek gaan wij de gebruiksmogelijkheden van kunstgras in de waterbouw verkennen.

De afstudeerstage zal lopen van begin februari tot medio juni. In deze periode zal er een drietal hoofdonderzoeken worden uitgevoerd en dit zal uiteindelijk leiden tot een adviesrapport. Wij hopen doormiddel van dit onderzoek een nuttig toepassing voor het vrijkomende kunstgras te ontwikkelen. Dit als alternatief/ aanvulling voor de onlangs door Antea ontwikkelde procesmatige recycling van deze afvalstroom. Daarnaast willen wij de aandacht richten op het toekomst bestendig circulair ontwerpen.

In samenwerking met STOWA, Rijkswaterstaat, Antea, GBN/AGR, Van Aalsburg en SGS-Intron hebben wij dit literatuuronderzoek kunnen opstellen. Door samen te werken met deze bedrijven hebben wij in een korte tijd veel geleerd op het gebied van kunstgras, waterbouw, milieu en materialenkennis.

Het literatuuronderzoek is bedoeld om je volledig te richten op het onderzoeken van de te verkrijgen literatuur. Er zal gestart worden met een vooronderzoek, dit vooronderzoek is bedoeld om informatie te verzamelen die te gebruiken is in het literatuuronderzoek. Door de literatuur te onderzoeken kan een beeld worden gevormd en een hypothese worden opgesteld over de resultaten van het milieu- en geotechnische onderzoek.

De samenwerking die wij zijn aangegaan is doorgaans niet de gebruikelijke weg van een afstudeeronderzoek. Meestal wordt een opdracht uitgevoerd voor een bedrijf of instantie. In dit geval zijn de benodigde gegevens beschikbaar. Door een onderzoek op te zetten naar een innovatieve hergebruiksmogelijkheid zijn wij zijn hier een extra uitdaging aangegaan. Hierbij komen veel verschillende aspecten kijken, zoals bijvoorbeeld een breed netwerk opbouwen. Door dit opgebouwde netwerk hebben wij informatie kunnen vergaren van professionals die ons veel hebben geleerd op het gebied van waterbouw, afvalverwerking, kunstgras, vergunningen, milieu en netwerken. Hiernaast zijn wij uitgedaagd op onze persoonlijke vaardigheden, zoals bijvoorbeeld: organisatorisch vermogen, werkvoorbereiding en overtuigingskracht. Ook hebben wij geleerd in welke mate de interactie van de disciplines binnen een bedrijf belangrijk is en wat er bij komt kijken om het idee te laten slagen.

Wij vinden het leuk om een extra uitdaging aan te gaan, hierom zijn wij een onderzoek gestart waarvan de uitkomst niet voor de hand liggend is, onbekend terrein is en het gewenste resultaat alleen behaald kan worden door samen te werken met meerdere bedrijven of instanties. Wij verwachten dat dit onderzoek ons zal klaarstomen voor een goede start van onze carrière na het afronden van onze opleiding.

## Inhoud

Voorwoord .....	1
1 Inleiding .....	3
2 Managementsamenvatting .....	4
3 Vooronderzoek .....	6
3.1 Algemeen .....	6
3.2 Milieukundig .....	12
3.3 Geotechnisch .....	18
4 Literatuuronderzoek .....	26
4.1 Milieukundige effecten .....	27
4.2 Technische eigenschappen .....	28
4.3 Verkrijgbaarheid .....	31
5 Conclusie en samenvatting .....	33
6 Bibliografie .....	35
7 Bijlage .....	37

## 1 Inleiding

De hoofdvraag van het onderzoek is “Kan kunstgras hergebruikt worden als bodembescherming in de waterbouw, op plaatsen waar in de regel geotextiel wordt toegepast?”. Door het beantwoorden van deze hoofdvraag zou deze toepassing (bodembescherming) een alternatief en aanvulling kunnen zijn op de door GBN/AGR opgezette verwerking van de kunstgrasafvalstroom. Daarnaast is het geotextiel (soort bodembescherming) veel in de media geweest op het gebied van milieuverontreiniging. Door deze twee maatschappelijke onderwerpen op te nemen in dit onderzoek is de verwachting dat het onderzoek van meerwaarde kan zijn voor het hergebruik van kunstgras en de besparing op geotextiel bij het beschermen van dijken.

In het voor- en literatuuronderzoek wordt onderzocht welke onderzoeken al gedaan zijn, in welke mate de resultaten bruikbaar zijn en wat er nog onderzocht moet worden om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden.

Het literatuuronderzoek is gericht op de technische eigenschappen van het kunstgras en de voorwaarden waaraan het gebruikte kunstgras moet voldoen, als het geotextiel vervangt. Ook is het doel van dit literatuuronderzoek om inzicht te krijgen in de onderzoeksmogelijkheden en hiermee kunnen de randvoorwaarden van de onderzoeken worden bepaald.



Stein Losekoot & Joep Witteman

## 2 Managementsamenvatting

Dit rapport bestaat uit een vooronderzoek en een literatuuronderzoek. Als eerste is er gestart met een vooronderzoek naar de verkenning op het gebied van kunstgras en geotextiel. In het vooronderzoek staan de verschillende soorten kunstgras omschreven en worden de soorten bodembescherming verder toegelicht. Ook staan hier de criteria omschreven waaraan de geotextiel wordt beoordeeld.

Verder bestaat het vooronderzoek uit een milieukundig- en geotechnisch vooronderzoek. In het milieukundige vooronderzoek staan de volgende onderwerpen omschreven:

- Recente onderzoeken
- Uitloogonderzoek
- Milieukosten indicator

Door de bovenstaande onderwerpen op te nemen in het vooronderzoek kan een verkenning worden gedaan naar de milieukundige gevolgen van de te onderzoeken toepassing. Dit vooronderzoek is opgesteld mede door de kennis van SGS. SGS is een van de grootste commerciële milieu test centra in Nederland.

In het vooronderzoek wordt ook een hoofdstuk gewijd aan de geotechnische aspecten van de te onderzoeken toepassing. Door in het vooronderzoek de juiste gegevens te verzamelen kan in het literatuuronderzoek een eerste oordeel worden gegeven over of de toepassing haalbaar is. In het geotechnische vooronderzoek staan de sterkte-eigenschappen omschreven die vergeleken worden in het literatuuronderzoek. De volgende sterkte-eigenschappen worden in het geotechnisch vooronderzoek verder toegelicht:

- Gronddichtheid
- Waterdoorlatendheid
- Perforatieweerstand
- Doorponsweerstand
- Rekvermogen
- Treksterkte
- Levensduur

Naast de sterkte-eigenschappen wordt ook onderzocht wat (naar verwachting) de beste verbindingsmogelijkheid is van de kunstgras banen, wanneer deze worden toegepast als in dezelfde functie als geotextiel. De verschillende verbindingsmethodes zijn:

- Naaien
- Lijmen
- Pennen
- Verbinding door zinkstukken

Tijdens het onderzoek naar de verbindingsmethodes is advies gevraagd aan het aannemersbedrijf Van Aalsburg. Zij zijn marktleider op het gebied van aanleggen van bodembescherming doormiddel van wiepen zinkstukken (Wilgen tenen). Doordat zij een grote kennis hebben op het gebied van de praktische uitvoering zijn zij van waarde geweest bij dit onderdeel van het onderzoek.

Naast het vooronderzoek bevat dit rapport ook een literatuuronderzoek. Het literatuuronderzoek heeft als doel antwoord geven op de onderzoeksvragen, doormiddel van de te verkrijgen literatuur. Als eerste zijn de mogelijke effecten van de toepassing op milieukundig gebied onderzocht. Hier wordt niet alleen gekeken naar de materialen waarvan de kunstgrasmatten zijn gemaakt, maar ook naar de gebruikte infill per veld.

Als tweede is er onderzoek gedaan naar een vergelijking van de sterkte-eigenschappen tussen geotextiel en gebruikt kunstgras. Om een vergelijking te kunnen maken tussen geotextiel en kunstgras, worden ze vergeleken op de volgende onderdelen:

- Technische-eigenschappen
- Verkrijgbaarheid

Wanneer de sterkte-eigenschappen van kunstgras overeenkomen met de gestelde eisen van bodembescherming geeft dit een beeld van de haalbaarheid van hergebruikt kunstgras in de toepassing van bodembescherming.

Daarna worden de verschillende soorten kunstgras vergeleken in een multicriteria analyse om zo te onderzoeken welk van de soorten kunstgras het best toepasbaar is. De vergelijking zal gemaakt worden tussen de volgende soorten kunstgras:

- Voetbal - rubbergranulaat infill
- Voetbal - non-infill
- Hockey - zand infill
- Hockey - waterveld

Tot slot wordt er een samenvattende conclusie geschreven over het vooronderzoek en het literatuuronderzoek.

### 3 Vooronderzoek

Het vooronderzoek is opgezet uit een bureaustudie en een drietal locatiebezoeken. De locatie bezoeken bestonden uit een bezoek aan de vestigingslocatie en een projectlocatie van het waterbouwkundig bedrijf Van Aalsburg. Zij hebben een bijdrage geleverd op het gebied van bodembescherming en verbindingmethoden. Het andere locatie bezoek is aan de fabriek van GBN. Hier wordt het gebruikte kunstgras in Nederland verzameld en gerecycled. Doordat deze fabriek is gebouwd in 2020 maken zij gebruik van de nieuwste recycle methodes en is deze kennis van grote waarden van het onderzoek. In het vooronderzoek bestaat uit een drietal onderdelen, bestaande uit een algemeen-, milieukundig-, en geotechnisch deel.

#### 3.1 Algemeen

Als eerste onderdeel van het vooronderzoek zal de bodembescherming en de soorten kunstgras worden omschreven. In dit deel van het vooronderzoek staat omschreven welke soorten bodembescherming er zijn, waar deze voor dienen en op welke constructies deze worden toegepast. Daarnaast zullen de huidige toegepaste kunstgrassoorten worden toegelicht.

##### 3.1.1 Huidige bodembescherming

In dit onderdeel wordt gekeken naar de huidig toegepaste bodembescherming. Dit is een belangrijk onderdeel, omdat hiermee de voorwaarden/eisen bepaald kunnen worden waaraan de nieuwe bodembescherming moet voldoen. In dit stuk staat omschreven welke soorten bodembeschermingen worden toegepast en wanneer deze wordt toegepast. Daarnaast zullen de productspecificaties van de bodembescherming per toepassing worden toegelicht.

##### **Functies bodembescherming**

In de kust- en oeverbescherming worden verschillende vormen van bodembescherming toegepast. De oever of kustbescherming heeft de volgende primaire functies:

##### *Erosiebeheersing*

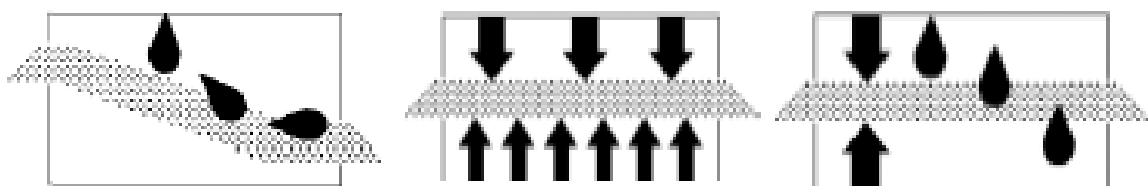
De bodembescherming voorkomt dat het onderliggende zand en klei erodeert door water of wind. Hierdoor zullen de waterbouwkundige objecten langer zijn vorm behouden.

##### *Scheiden*

De bodembescherming zorgt ervoor dat twee verschillende lagen gescheiden blijven en er onderling geen uitwisseling van materialen zal optreden. Hierdoor zal de bodemopbouw langer gewaarborgd blijven. Dit heeft een langdurig positief effect op de constructieve waarde van het waterbouwkundig object.

##### *Filteren*

De bodembescherming zorgt ervoor dat water uit de grond door gelaten kan worden terwijl een doorgang van kleine gronddeeltjes wordt voorkomen. Hierdoor zal uitspoeling door grondwaterstroming worden voorkomen en zal de grondwaterdruk niet te hoog worden.



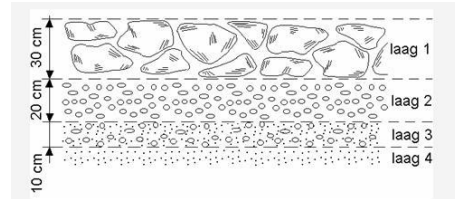
Figuur 1 Vormen bodembescherming (Bakker & van Stee, 2012)

### Soorten filters

Er kunnen twee soorten filters worden toegepast bij de bescherming van dijken, namelijk: een granulair filter en een geotextiel filter. Hieronder staan de soorten filters nader toegelicht.

#### Granulair filter

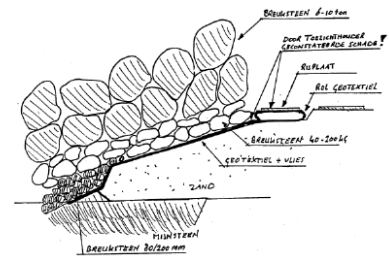
Een filterlaag vormt een overgang tussen de zandige- of kleibodem en de stortstenen. De filterlaag voorkomt dat het zand of klei tussen de stortstenen door spoelt. Het granulair filter is opgebouwd uit verschillende grindlagen die van onder naar boven steeds grover worden. De lagen worden op elkaar geplaatst met zo'n verhouding van korreldiameters tussen de lagen zodat de fijnere korrels in de onderlaag niet door de grovere bovenlaag gespoeld kunnen worden. De grofste laag wordt gedimensioneerd door de stroomsnelheid.



Figuur 2 Granulair filter (Infrawiki, 2021)

#### Geotextiel filter

Moderne filterlagen beginnen met een laag geotextiel die geen zand doorlaat met daarop lagen van grind. Geotextiel zorgt ervoor dat de fijne ondergrond niet wegspoelt, maar zorgt er wel voor dat er watertransport door de laag kan plaatsvinden. Het voordeel van geotextiel is dat de opbouw van de stortsteenlaag geen fijne steensortering nodig heeft, en daarmee materiaal bespaard.



Figuur 3 Geotextiel filter (Bakker & van Stee, 2012)



### **Constructie delen dijk**

In dit onderdeel van het literatuuronderzoek staan de verschillende constructie onderdelen omschreven. In het vooronderzoek wordt onderzocht welke technische-eisen gesteld worden per dijk constructie. De sterkte-eigenschappen van de constructie onderdelen worden in het literatuuronderzoek vergeleken met die van kunstgras. In dit onderdeel staan de eisen van de sterkte-eigenschappen omschreven.

#### *Vooroeverconstructie*

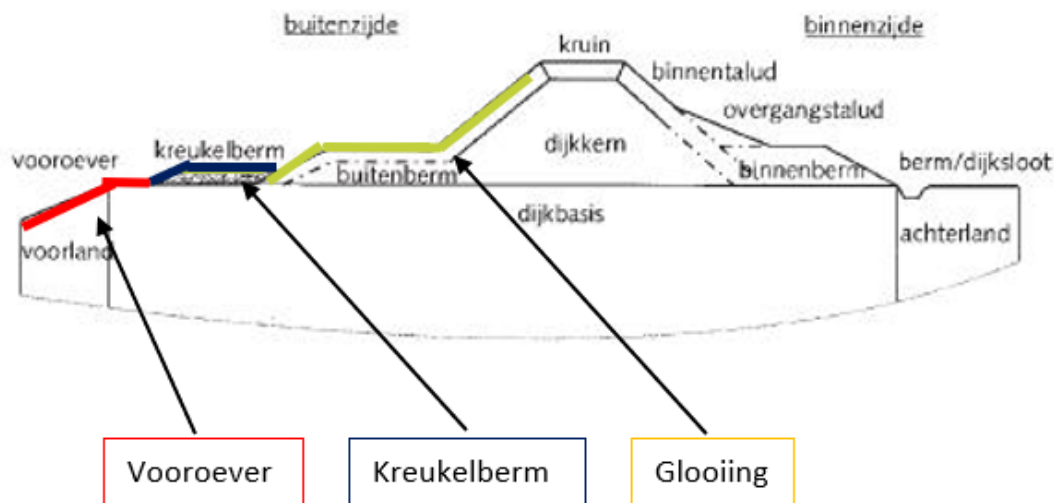
De vooroever is het deel van de dijk vanaf de kreukelberm tot in de geul. De vooroever heeft als eigenschappen dat deze onder water gelegen is, relatief flauw is en het ondiep gelegen gedeelte is van de van de oeverzone. (Technische adviescommissie voor de waterkeringen, 2001)

#### *Kreukelbermconstructies*

De kreukelberm is het deel van de dijk vanaf de vooroever tot aan de glooiingsconstructie. Wanneer op de glooiingsconstructie een harde bekleding wordt toegepast, zoals bijvoorbeeld stortsteen, dan moet de beëindiging daarvan worden beschermd tegen aantasting door golven, stroming en waterstandverschillen. De kreukelberm heeft als functie om het begin van de glooiingsconstructie te beschermen. (Technische adviescommissie voor de waterkeringen, 2001)

#### *Glooiingsconstructie*

Een glooiingsconstructie is gelegen op het deel van de dijk vanaf de kreukelberm tot aan de kruin. De eigenschap van dit gedeelte van het dijklichaam is dat waterstand over dit gedeelte kan verschillen. Zo kan de waterstand hoog of laag staan op deze constructie. De vooroever en de kreukelberm dienen om de glooiingsconstructie te beschermen. (Technische adviescommissie voor de waterkeringen, 2001)



Figuur 4 Doorsnede dijk (Bakker & van Stee, 2012)

Hieronder staan de eisen van de sterkte-eigenschappen voor de toepassingen van geotextiel in de constructies van de Abraham Wissepolder. Dit project is voor het onderzoek als maatgevend gekozen. Alle belangrijke technische eigenschappen van dit project zijn berekend en staan in uitgewerkt in (Bakker & van Stee, 2012).

	Testnorm	Eenheid	Glooiingsconstructie	Kreukelbermconstructies	Vooroeverconstructie
<b>Waterdoorlaatbaarheid</b>	EN ISO 11058	l/m <sup>2</sup> /s	>1,81*10 <sup>-4</sup>	>1,81*10 <sup>-4</sup>	>4,6*10 <sup>-2</sup>
<b>Treksterkte</b>	EN ISO 10319	kN/m	>21	>7,51	>9,1
<b>Levensduur</b>	NEN-EN-ISO 13438	Jaar			
<b>Zanddichtheid</b>	EN ISO 12956	µm	<300	<138	<110
<b>Perforatieweerstand</b>	EN 918	mm	n.v.t.	>2918*10 <sup>-6</sup>	>5539*10 <sup>-6</sup>
<b>Doorponsweerstand</b>	EN ISO 12236	kN	>4,9	>12,7	>8,5
<b>Rekvermogen</b>	EN ISO 10319	%	>3,1	>76,2	>24
<b>Gewicht</b>	EN 965	g/ m <sup>2</sup>	n.v.t.	>640	>900

Tabel 1 Technische-eigenschappen geotextiel per constructies

### 3.1.2 Kunstgras

Er zijn veel verschillende soorten kunstgras met iedere zijn eigen eigenschappen. In dit onderdeel staan de meest voorkomende soorten toegelicht. Deze soorten worden onderling beoordeeld op de belangrijkste eigenschappen. Door verschillende kunstgras soorten te onderzoeken heeft het onderzoek meer kans van slagen en kan er een beter advies door ons worden opgesteld.

#### **Soorten kunstgras**

##### *Voetbalkunstgras met rubbergranulaat- (SBR) en kurk infill*

De rubberkorrels zorgen ervoor dat een kunstgrasveld lijkt op een natuurlijk grasveld. Het rubber zorgt er voor dat de bal een vergelijkbare snelheid heeft en vergelijkbaar stuitert. Daarnaast maakt de infill het kunstgras geschikt voor slidings. In Nederland zijn op dit moment 1800 voetbal kunstgrasvelden, waarvan 90% met dit rubber ingestrooid is. Doordat deze velden het meest toegepast zijn, binnen de verschillende soorten kunstgras, zal deze van grote waarden zijn voor ons onderzoek. De voetbalkunstgrasvelden worden naast rubber steeds vaker met een kurk infill ingestrooid. Deze dragen bij aan een milieuvriendelijkere kunstgrasmat. De kurk is namelijk een langzaam biologisch afbreekbaar natuurproduct en in tegelstelling tot SBR-infill logen er geen zware metalen uit.

##### *Hockeyvelden met zand infill*

Dit is momenteel het meest voorkomende hockeyveld in Nederland en daarom de grootste afvalstroom van de kunstgras hockeyvelden. Deze velden gaan 13 tot 15 jaar mee en hebben geen last van vorst. Je kunt er dus het hele jaar op spelen. Deze velden hebben geen infill van kunststoffen of ander niet natuurlijke producten. Hierdoor zijn er naar de verwachting minder stappen nodig om de velden te reinigen en te scheiden van infill.

##### *Waterhockeyveld en non-infill voetbalveld*

Een waterveld of non-infill voetbalveld zijn matten zonder infill. Voor het spelen wordt het hockeyveld besproeid met water. Hierdoor vormt een laag water over het veld dat de snelheid van het spel bevordert. Deze matten gebruikt geen infill en zullen daarom het makkelijkst te reinigen zijn. Non-infill voetbalvelden worden vanaf 2021 aangelegd en zijn op dit moment in testfase. De verwachting is dat in de toekomst deze non-infill velden vaker zullen worden toegepast dan velden met infill. (GBN/AGR, 2021)

### **Scheidingsstappen**

Om kunstgras te kunnen hergebruiken in de waterbouw moet de mat eerst worden gescheiden van de infill, zand en andere verontreiniging. GBN/AGR is in Nederland de partij die de verantwoordelijkheid heeft genomen over deze grote rest stroom. Zij kunnen de hele afvalstroom 100% circulair verwerken en zijn altijd opzoek naar initiatieven om de verwerkingsgrondstoffen tot een hoogwaardig product te maken.

In de fabriek van GBN/AGR worden een aantal stappen doorlopen om het kunstgras te verwerken tot circulaire grondstoffen. De volgende stappen worden doorlopen:

1. Sorteren van kunstgrassoorten
2. Scheiden van infill, zand en slijtageresten
3. Wassen van de infill en het zand, zodat er geen vervuiling meegenomen wordt in het verwerkingsproces
4. Verkleinen om het verwerkingsproces sneller te laten verlopen
5. Agglomereren (proces van verwerken van plastic afval naar plastic grondstof)
6. Certificeren van de grondstoffen

Wanneer deze stappen zijn doorlopen blijven er drie circulaire grondstoffen over, namelijk:

- Circulair agglomeraat (kunststof snippers)
- Circulair rubber
- Circulair zand

Vervolgens kunnen deze grondstoffen verwerkt worden tot verschillende producten. Een verwerkingsbedrijf van deze grondstoffen is Greenmatter. Greenmatter maakt van de agglomeraat verschillende producten, zoals bijvoorbeeld, Picknicktafels, bloembakken en walbeschoeiing.



*Figuur 6 Producten (Greenmatter, 2021)*

Het zand kan vervolgens gebruikt worden als infill van nieuwe kunstgrasvelden en de rubber infill kan worden verwerkt tot rubbertegels in bijvoorbeeld sporthallen en sportscholen.

Voor het milieukundig en geotechnisch onderzoek staat GBN een aantal leeggeklopte matten aan ons af voor het uitvoeren van de onderzoeken. GBN en Antea zijn een partner van dit lopende onderzoek en zullen bijdrage leveren in kennis en onderzoeksmateriaal.

Na een locatie bezoek aan de fabriek van GBN, is opgevallen dat de matten (rubber infill) na het schoon kloppen nog veel sporen van verontreiniging en infill bevatten. In het milieukundige literatuuronderzoek zal dit verder worden onderzocht (GBN/AGR, 2021).



*Figuur 5 GBN/AGR (GBN/AGR, 2021)*

## 3.2 Milieukundig

In het milieukundige vooronderzoek is er gekeken naar wat er al is onderzocht op gebied van kunstgras en milieu. Verder wordt er gekeken welke informatie ontbreekt voor een toepassing in de waterbouw en hoe dit onderzocht kan worden. Dit vooronderzoek is mede opgesteld aan de hand van het advies van SGS en onderzochten literatuur.

### 3.2.1 Recente onderzoeken

In dit onderdeel worden een tweetal onderzoeken bestudeert en worden de belangrijkste punten van deze onderzoeken benoemd. Deze onderzoeken zijn uitgevoerd door het RIVM en de STOWA.

#### ***Verkenning milieueffecten rubbergranulaat bij kunstgrasvelden***

##### *Inleiding*

Het doel van het onderzoek is het 'verkennen' in welke mate de omgeving milieukundig wordt belast door de kunstgrasvelden. De aanleiding van dit onderzoek komt door een al uitgevoerd onderzoek in 2016. Het uitgevoerde onderzoek ging voornamelijk over de gezondheidsrisico's van de rubbergranulaat korrels.

Elk jaar zal een veld maximaal 400kg rubbergranulaatkorrels verliezen aan de omgeving. Voor het onderzoek is nog niet duidelijk wat het effect is van deze deeltjes en stoffen uit de korrels op de bodem- en waterkwaliteit van de omgeving.

Het RIVM heeft op 10 locaties in Nederland de concentraties van een aantal stoffen getest rondom de rubbergranulaat velden. Deze 10 velden zijn gekozen omdat deze naar verwachting grote waarnemingen zouden produceren. De 10 velden waren allemaal 10 tot 28 jaar geleden aangelegd en het drainagesysteem watert af in oppervlaktewater in de omgeving van het veld.

##### *Conclusie*

Uit het onderzoek blijkt dat de verspreiding van rubbergranulaatkorrels naar de bermgrond van de velden de belangrijkste bron is van milieuvervuiling. Daarnaast blijkt ook dat er geleidelijk stoffen van het veld in de drainage komen en zo in het oppervlaktewater wordt verplaatst.

Deze verontreiniging kan leiden tot verontreiniging van de bermgrond met zink en minerale olie. Door de verontreiniging van het oppervlaktewater zijn effecten op het ecosysteem te verwachten. (Verschoor, Bodar, Baumann, & RIVM, 2018)

## **Rubbergranulaat op kunstgrasvelden**

### *Inleiding*

Naar aanleiding van het onderzoek van de RIVM is de STOWA een onderzoek gestart naar rubbergranulaat op kunstgrasvelden. Het onderzoek van het RIVM richt zich op de verspreiding van verontreinigende stoffen op chemische analyses in bermgrond, drainage, grond – en oppervlaktewater. De STOWA heeft als aanvulling op het onderzoek de gevolgen van granulaat korrels op het aquatische ecosysteem onderzocht, doormiddel van een biologisch effecten onderzoek.

In het onderzoek worden de effecten van het mengsel (grond- en oppervlaktewater rondom velden) bepaald met hierin levende dieren en planten. Hiermee kan de biologische activiteit of toxiciteit die speelt rondom de rubbergranulaat velden worden aangetoond.

### *Conclusie*

Uit het onderzoek blijkt dat het toepassen van rubbergranulaat in kunstgrasvelden leidt tot milieueffecten. Deze effecten worden niet bij elk veld geconstateerd. Bij 6 van de 10 velden is geconstateerd dat op- en in de bodem een ophoping ontstaat van rubbergranulaat uitlogende stoffen, het gaat hier voornamelijk om zink. (Postma, van der Oost, & STOWA, 2018)

### 3.2.2 Uitloogonderzoek

Om te bepalen of het kunstgras nadelige effecten kan hebben op de omgeving kan het worden getest. Wij denken dat het uitloogonderzoek een geschikt onderzoek is om te onderzoeken of kunstgras gebruikt kan worden als geotextiel.

Een uitloogonderzoek bepaalt de emissie van organische of anorganische stoffen uit materialen door het materiaal in contact te brengen met uitloogvloeistof. Het doel van het onderzoek is het bepalen welke milieuverontreinigende stoffen na 100 jaar in de bodem kunnen komen. Uitloogproeven kunnen uitgevoerd worden met vaste-, grond- en steenachtige materialen of afvalstoffen.

### **Diffusieproef**

Het diffusieproces bepaalt de maten van het uitloggedrag van vormgegeven materialen in de praktijk. De emissie is de maximale hoeveelheid die is uitgelogd na 60 tot 100 jaar. Deze wordt uitgedrukt in mg/m<sup>2</sup>.

### **Kolomproef**

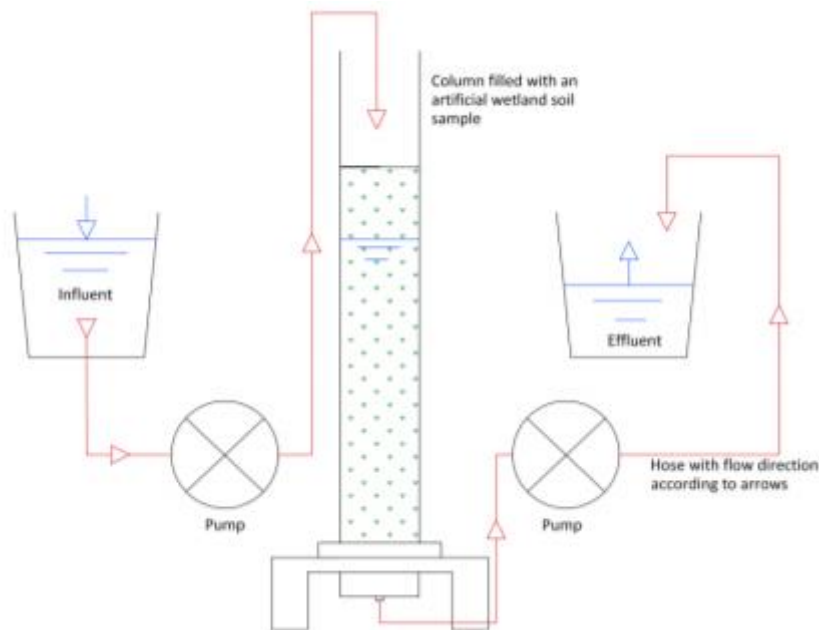
Deze methoden wordt gebruikt om een snel zicht te krijgen van de uitlogende stoffen, welke stoffen relevant zijn voor de diffusie proef en welke stoffen in potentie gevolgen hebben op de milieu effecten/ uitlooging. Tijdens deze proef wordt het materiaal vermalen, om zo het uitloogeffect te versnellen. De resultaten van dit onderzoek wordt het 'worst case scenario' genoemd.

### **Opbouw uitloogonderzoek**

Uit advies van Huub Creuwels (senior engineer SGS) is gebleken dat de meeste geschikte proef, om het effect van het toepassen van kunstgras als bodembescherming, de 'Kolom' proef is. Dit is de meest geschikte proef, omdat deze het 'worst case scenario' weergeeft. Dit komt doordat het te testen materiaal fijn wordt gemalen (korrel grote < 4mm) en hierdoor een groter oppervlakte heeft waarop gereageerd kan worden. Wanneer het kunstgras positief uit de kolomproef komt, zal deze zeker geschikt zijn in de toepassing van bodembescherming.

Door water door deze vermaalde mat te laten stromen zullen de mogelijk vervuilende stoffen in het water langzaam mee worden gespoeld. Vervolgens kan het water dat terecht komt in de uitstroombak getest worden op vervuilende stoffen.

Door deze opstelling (de Koning, 2019) 3 weken te laten lopen zal duidelijk worden welke stoffen er na 100 jaar effect kunnen hebben op de omgeving.



Figuur 7 Kolomproef (de Koning, 2019)

De resultaten zullen worden beoordeeld aan de hand van het 'Besluit bodemkwaliteit' (Bbk). Het doel van het Bbk is om milieutechnische voorwaarden te stellen aan de toepassing van bouwstoffen, grond en baggerspecie die zullen dienen ter bescherming van de bodem en oppervlaktewater. Het Bbk is eigenlijk bedoeld voor steenachtige stoffen, wat het kunstgras niet is. Volgens de Handreiking Dijkbekleding Deltaris: "Bij de toepassing van niet-steenachtige gereede producten (bijvoorbeeld producten van kunststof) is het Bbk niet van toepassing. Een dergelijke toepassing als dijkbekleding is ook niet vergunningplichtig in het kader van de Waterwet (artikel 6.5.c). Een melding aan/instemming van het bevoegd gezag is echter wel verplicht. Het bevoegd gezag kan er voor kiezen om hier wel of niet op te reageren." (Cirkel, Dam, & Deltaris, 2015)

Wanneer wij het kunstgras toch op deze manier testen zal dit op zwaardere eisen worden beoordeeld dan normaal gesproken met kunststoffen zal gebeuren. Hiervoor is gekozen omdat er nog geen eisen zijn gesteld voor deze toepassing. Als blijkt dat het kunstgras ook positief uit deze beoordeling komt zal dit in praktijk zeker toepasbaar zijn. (Cirkel, Dam, & Deltaris, 2015)

Het kunstgras zal worden getoetst op de volgende componenten, zoals vermeld in het Besluit Bodemkwaliteit, namelijk: 15 metalen (Sb, As, Ba, Cd, Cr, Co, Cu, Hg, Mo, Ni, Se, Pb, Sn, V, Zn) en 4 anionen (F, Cl, Br, SO<sub>4</sub>).

Wanneer het kunstgras negatief uit de test komt, zal er nog een 'diffusie proef' plaatsvinden. Bij de diffusieproef zal een kunstgrasmonster in een bak met diffusievloeistof worden geplaatst. Deze diffusievloeistof zal het afbreken van de stof versnellen. Hierdoor kan er in korte tijd (onbepaald) bepaald worden welke stoffen, verontreinigd of niet verontreinigd, uitlogen uit het kunstgras.

Deze proef zal een realistischer beeld geven van de feitelijke uitlogingsrisico's, omdat in deze proef het kunstgras niet vermalen zal worden. Doordat het kunstgras niet vermalen is, zal het minder snel reageren met de omgeving en zal hierdoor minder sterk uitlogen ten opzichte van de kolomproef. Wanneer het kunstgras wel positief uit de diffusie proef komt met de beoordeling van de Bbk, kan het kunstgras toegepast worden als bodembescherming.

### 3.2.3 Milieukosten indicator

De milieukostenindicator (MKI) is een score die alle relevante milieueffecten bevat en is uitgedrukt in euro's. Alle milieukosten worden opgeteld, deze kosten worden de 'schaduw prijs' genoemd. Om een goede berekening te maken van de totale milieubelasting moet er gekeken worden naar de hele levenscyclus van het product of dienst. Dit kan worden uitgevoerd door het opstellen van een levenscyclusanalyse. De MKI is bedacht om een vergelijking te maken tussen van de milieubelastingen de verschillende industrieën, dit was hiervoor nog moeilijk te vergelijken. (Ecochain, 2021)

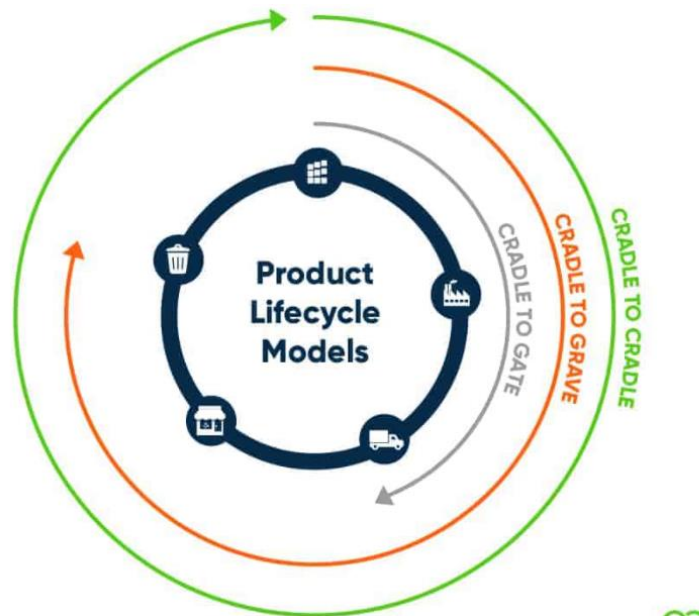
#### **Levenscyclusanalyse (LCA)**

Om een MKI score aan een product of dienst te geven moet eerst een levenscyclusanalyse worden opgesteld. De levenscyclusanalyse bekijkt 5 verschillende fases binnen een product, dienst of project, namelijk:

1. Extractie van grondstoffen
2. Productie & Verwerking
3. Transport
4. Gebruik & Retail
5. Afvalverwerking

Binnen deze 5 fases zijn er een drietal processen waarin gekeken kan worden naar de totale emissie. Het drietal processen wordt onderscheiden in:

1. Cradel to gate (grondstof->verlaat fabriek)
2. Cradel to grave (grondstof -> eindgebruiker)
3. Cradel to cradel (grondstof -> grondstof)



Figuur 8 PLM (Ecochain, 2021)

Per proces kan er een LCA worden opgesteld en aan de hand van de LCA kan vervolgens een MKI worden opgesteld. Het doel van de LCA zal bepalen welk proces zal worden geanalyseerd.



### **Opbouw LCA**

Als eerst wordt er gekeken naar het *doel en de omvang* van het te analyseren object of dienst. In deze stap worden de randvoorwaarden van de analyse bepaald en wat het doel is van het opstellen van de analyse. Het doel kan bijvoorbeeld zijn om te achterhalen waar de grootste uitstoot van een product plaatsvindt.

De tweede stap is *levenscyclusinventarisatie (LCI)*, deze stap is gericht op het inventariseren van de milieu-inputs en outputs van een product of dienst. In andere woorden is dit de stap waar alle data verzameld worden van de totale omvang aan emissies. Voorbeelden van in- en outputs kunnen zijn:

- Grondstoffen of middelen
- Verschillende soorten energie
- Watergebruik
- Emissies in de lucht, land of water per stof

De derde stap van de levenscyclusanalyse is de *beoordeling van de impact (LCIA)* van de verzamelde gegevens. Een belangrijk punt binnen deze stap is het gelijkstellen van de verschillende eenheden. Hierna kan er pas een beoordeling worden gemaakt van de impact. Om een voorbeeld te geven staat 1 kg lachgas (N<sub>2</sub>O) gelijk aan 289 kg CO<sub>2</sub>. Wanneer alles wordt omgerekend naar bijvoorbeeld CO<sub>2</sub> of euro's (MKI) kan er een beoordeling worden gemaakt waar de grootste vervuiling plaatsvindt.

De vierde en laatste stap is het *interpreteren* van de analyse. Na de eerste drie stappen staan alle gegevens en beoordelingen onder elkaar en kan er een betrouwbare conclusie en advies opgesteld worden. Deze conclusie en/of advies moet worden opgesteld naar de eisen van *ISO 14044:2006*. Volgens deze ISO-norm moet de conclusie of advies het volgende minimaal bevatten:

- Belangrijkste problemen binnen de LCI en de LCIA
- Evaluatie van het hele onderzoek
- Conclusie, aanbevelingen en beperkingen

### **Waarde MKI**

In Nederland wordt circulariteit steeds belangrijker. Het komt daarom nu steeds vaker voor dat bouwbedrijven bij een aanbesteding een levenscyclusanalyse en milieukostenindicator moeten opstellen bij een openbare aanbesteding. Bij deze aanbesteding kan het leveren van een MKI van grote waarden zijn voor het winnen van de opdracht. Wanneer een bedrijf goed scoort op de MKI zal dit een fictieve korting op hun aanbod leveren. Hierdoor wordt de kans vergroot van het winnen van de opdracht. Het bedrijf dat de laagste MKI-score heeft, krijgt de hoogste korting op hun aanbod.

In andere aanbestedingen dient een MKI scoren als maximale drempel bij het inschrijven op de opdracht. Wanneer dus blijkt dat de MKI hoger scoort dan de maximale drempel toelaat, wordt de aanbidding automatisch afgewezen. (Ecochain, 2021)

Om deze redenen is het als bouwbedrijf van groot belang dat de MKI-score zo laag mogelijk is. Wanneer blijkt dat hergebruikt kunstgras een lagere MKI-waarden heeft dan andere bodembescherming is het gunstiger om te kiezen voor de toepassing van kunstgras als bodembescherming.

### **Berekening MKI**

Door de tweede stap (LCIA) van de LCA is een inventarisatie gemaakt van alle emissies die bij een product of dienst zijn gemaakt. In de berekening van de MKI zullen alle emissies uitgedrukt worden in euro's doormiddel van een wegingsfactor. Door deze berekening kan elke product of dienst een MKI-waarden in euro's per eenheid krijgen.

<b>Impact categorie</b>	<b>Eenheid</b>	<b>Weighting Factor (€/unit)</b>
Opwarming	kg CO2-eq	0,05 €
Uitputting van ozon	kg CFC-11-EQ	30,00 €
Verzuring van bodem en water	kg SO2-EQ	4,00 €

*Figuur 9 Impact voorbeeld (Ecochain, 2021)*

In Figuur 9 staat een voorbeeld van een wegingsfactor om de MKI te berekenen. Wanneer bijvoorbeeld blijkt dat bij het transport van de kunstgras matten 60 kg CO<sub>2</sub> vrijkomt. Dan zal dit dus de MKI verhogen met:

$$60 \text{ kg} \times \text{€}0.05 = \text{€}3,- \text{ euro}$$

Wanneer blijkt dat uit het kunstgras 10 kg SO<sub>2</sub> uitloopt en hiermee de grond verzuurt, zal dit de MKI verhogen met:

$$10 \text{ kg} \times \text{€}4.00 = \text{€}40,- \text{ euro}$$

Samen zou dus wanneer je alleen rekening houdt met deze 2 emissies een score opleveren van:

$$\text{MKI-score (voorbeeld)} = \text{€}3,00 + \text{€}40,00 = \text{€}43,00 \text{ (per eenheid)}$$

Deze berekening kan gebruikt worden om de MKI van kunstgras te berekenen.

### **Milieukosten indicator Onderzoek**

In het uitvoerige milieutechnische onderzoek zal er een vergelijking worden opgesteld tussen het gebruik van kunstgras en het gebruikt van geotextiel in een maatgevend project. In dit onderzoek zal een levenscyclus onderzoek worden opgesteld waaraan vervolgens een advies kan worden opgesteld. Met de LCI van de LCA kan een milieukosten indicator score worden gegeven aan de twee toepassingen van bodembescherming. Wanneer blijkt dat de score van kunstgras in die toepassing voordeliger is, heeft dit een gunstig effect op de haalbaarheid van de toepassing.

### 3.3 Geotechnisch

In dit hoofdstuk van het literatuuronderzoek staan de producteigenschappen van kunstgras en geotextiel uitgelegd. Door deze eigenschappen te vergelijken kan er een beeld worden gevormd over mogelijke hergebruiksmogelijkheden van kunstgras in dezelfde toepassing als geotextiel.

#### 3.3.1 Omschrijving technische eigenschappen

In dit onderdeel worden alle belangrijke technische eigenschappen beschreven. In de beschrijving staat waarom deze eigenschap belangrijk is en hoe deze getoetst wordt.

##### **Gronddichtheid**

Om uitspoeling te voorkomen moet de bodembescherming grond dicht zijn. Grond dicht betekent dat korrels van een bepaalde diameter beschermd worden tegen uitspoeling. Deze korreldiameter kan niet door de bodembescherming transporteren en zal hierdoor bij elkaar worden gehouden. Dit is het geval als de karakteristieke openingsgrootte van de bodembescherming kleiner is dan de korreldiameter van de onderlaag.

De methode voor het onderzoeken van de grond dichtheid zal in het geotechnisch onderzoek nader worden onderzocht. De test zal uitgevoerd worden volgens de EN ISO 12956 norm.

##### **Waterdoorlatendheid**

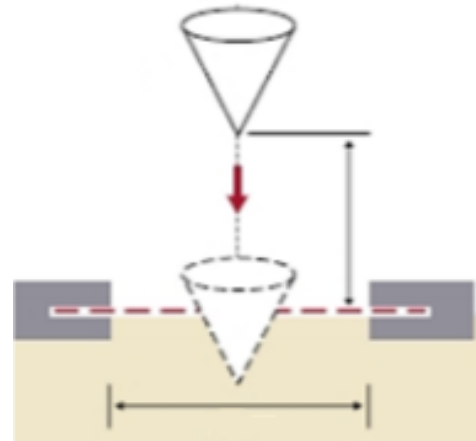
Waterdoorlatendheid is van groot belang bij bodembescherming. Als de bodembescherming waterdoorlatend is kunnen grondwater overdrukken worden voorkomen. In combinatie met de grond dichtheid ontstaat er een filter die wel waterdoorlatend is maar niet grond doorlatend. Doordat een deel van de ondergrond wegspoelt en in het bodembescherming terecht komt heeft dit een negatief effect op de waterdoorlatendheid. Door een doorlaatbaarheid toe te passen die enkele malen groter is dan die van de ondergrond wordt er een marge gecreëerd. Deze marge is dus afhankelijk van de grondsoort. Wanneer de waterdoorlatendheid onvoldoende is kan er instabiliteit optreden in het talud.

De methode voor het onderzoeken van de waterdoorlatendheid zal in het geotechnisch onderzoek nader worden onderzocht. De test zal uitgevoerd worden volgens de EN ISO 11058 norm.

### **Perforatieweerstand**

De bodembescherming die wordt toegepast als filterconstructie in de kust- en oeververdediging zal voldoende weerstand moeten bieden tegen de valenergie van het storten van waterbouwstenen. De gebeurtenis waarbij de valenergie wordt omgezet in indrukking van het geotextiel en de ondergrond wordt ook wel dynamische perforatie genoemd. Dynamische perforatie kan gaten veroorzaken in het geotextiel. Deze gaten kunnen als gevolg hebben dat de bodembescherming niet meer grond dicht is en er uitspoeling van de onderliggende ondergrond kan optreden.

Perforatieweerstand wordt getoetst doormiddel van een kegelval proef (EN 918) zoals in Figuur 10 geschetst. Bij deze proef wordt de werkelijkheid nagebootst waarbij waterbouwsteen vanaf hoogte wordt aangebracht. Door een kegel met een gewicht van 76 kg van een bepaalde hoogte te laten vallen op de ingeklemde bodembescherming kan de realiteit worden nagebootst waarbij een puntige steen op de bodembescherming valt. Het gewicht van 76 kg is gebaseerd op basis van Duits onderzoek. De valenergie die geleverd wordt door de kegel is regelbaar door de valhoogte te verstellen. Ook is het mogelijk bij deze proef om de ondergrond uit de praktijk na te bootsen. Wanneer er schade optreedt aan de bodembescherming zal dit gevolgen hebben op de sterkte en de scheidende werking.

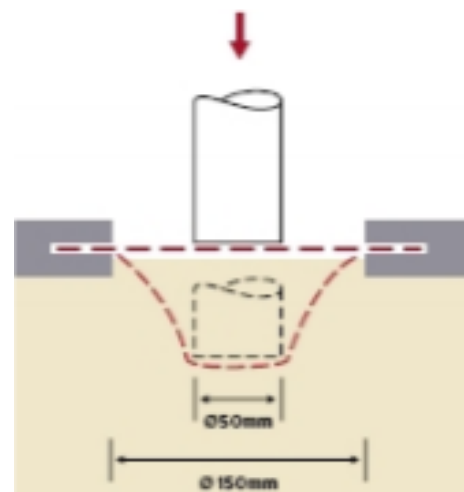


*Figuur 10 Kegelval proef (Bakker & van Stee, 2012)*

### **Doorponsweerstand**

De bodembescherming die is toegepast in de filterconstructie onder de steenbekleding moet tijdens de uitvoering voldoende weerstand kunnen bieden tegen doorpons belasting. Deze belasting wordt veroorzaakt door groot materiaal en golfslag. Deze belasting kan gaten veroorzaken wat als gevolg heeft dat de ondergrond kan wegspoelen.

De doorponsweerstand van de bodembescherming wordt aangetoond met behulp van de "statische doorpons test", deze proef wordt uitgevoerd volgens de EN ISO 12236. Een schematische weergave van de statische doorpons test is weergegeven in Figuur 11. Hierbij wordt de bodembescherming rondom ingeklemd en belast door een stalen plunjer die met een constante snelheid naar beneden wordt gedrukt. Hieruit volgt het moment van bezwijken van de bodembescherming onder doorpons kracht. De statische doorponstest geeft de maximale druk afhankelijk van de kracht op de bodembescherming en de verplaatsing van het geotextiel (rek). De plunjer heeft een diameter van 50 mm en de inklemmingsafstand van de bodembescherming 150 mm. Het verschil in afmeting heeft geen grote gevolgen ten opzichte van de kwaliteit van de doorpons weerstand van de bodembescherming, omdat de plunjer een plat contactoppervlakte heeft en in de berekening er gerekend wordt met een rond oppervlakte. Het platte oppervlak heeft een grotere belasting dan een rond oppervlakte omdat deze mee vervormt met het contactoppervlak.



*Figuur 11 Doorponstest (Bakker & van Stee, 2012)*

### **Rekvermogen**

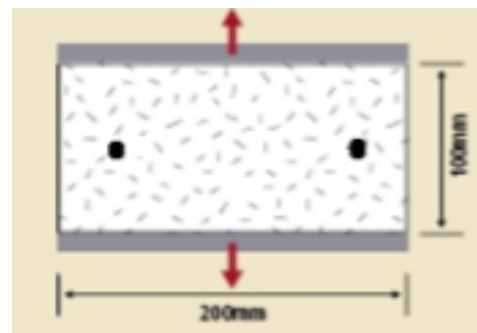
Tijdens de gehele levensduur dient de bodembescherming toegepast in de filterconstructie van voldoende rekvermogen te zijn. Als de bodembescherming en/of de ondergrond door perforatie of doorpons zal gaan vervormen, dient de bodembescherming voldoende mee te vervormen om zo scheur en gatenvorming te voorkomen. Ook moet de bodembescherming wanneer de ondergrond niet voldoende verdicht is met de ondergrond mee kunnen vormen zonder te scheuren. Dit vervormen wordt ook wel rek genoemd.

Het bepalen van het rekvermogen (EN ISO 10319) van de bodembescherming gebeurt in relatie met andere eigenschappen van de bodembescherming. Het rekvermogen van de bodembescherming moet namelijk bepaald worden onder verschillende condities. Bij perforatie en doorponsen van het de bodembescherming is niet alleen de perforatie en de doorpons weerstand van invloed, maar ook zal het rekvermogen van de bodembescherming groot genoeg moeten zijn zodat de bodembescherming niet bezwijkt onder grote belastingen. Om te bepalen of de rek van het geotextiel voldoet dient de kegelvalproef en de doorponstest worden uitgevoerd. Wanneer er schade optreedt aan de bodembescherming zal dit gevolgen hebben op de sterkte en de scheidende werking.

### **Treksterkte**

De bodembescherming die wordt toegepast in een filterconstructie moet beschikken over voldoende treksterkte. De eisen aan de treksterkte worden bepaald door de kracht die het materiaal minimaal moet kunnen opnemen in de gebruiks- en uitvoeringsfase. Om ontoelaatbare vervorming te voorkomen voornamelijk bij steile taluds dient de bodembescherming voldoende stijfheid en sterkte te bevatten. Bij de vervorming door trekkrachten gaat het vooral om de openingen van de bodembescherming die op deze manier van grootte kunnen veranderen.

De treksterkte (EN ISO 10319) kan worden getest zoals in Figuur 12 weergegeven. Hierbij wordt de bodembescherming aan de lange zijden ingeklemde die vervolgens met een bepaalde belasting uit elkaar trekt. De belasting gaat net zo lang tot het gaat scheuren, het moment van scheuren is de maximale trekkracht. Ook is het mogelijk om de vervorming te meten. Dit kan door twee meetpunten te plaatsen voordat de test wordt uitgevoerd en na de test de punten opnieuw te meten. Deze meetpunten zijn met twee zwarte stippen weergegeven in Figuur 12.



*Figuur 12 Trekproef (Bakker & van Stee, 2012)*

### ***Slijtsterkte***

De slijtsterkte geeft aan in hoeverre de bodembescherming bestand is tegen schuringsbelasting. Schuringbelasting kan optreden wanneer de bodembescherming bloot komt te liggen. Als de bodembescherming bloot komt te liggen dan zouden de stenen van de steensortering over de bodembescherming kunnen gaan bewegen.

De proef voor de slijtsterkte modelleert deze schuurbelasting. Wanneer de bodembescherming deze test doorstaat blijkt de slijtsterkte hoog genoeg om toegepast te worden. De bodembescherming zal geplaatst worden in een roterende trommel, deze zal met de klok mee totaal 40.000 omwentelingen maken en in tegengestelde richting 40.000 omwentelingen maken. Op dit monster wordt een mengsel van steenslag en water geplaatst om schuring te veroorzaken. Als na deze test de bodembescherming beschikt over minder dan 75% van de oorspronkelijke trekkracht dan is de bodembescherming afgekeurd.

### ***Levensduur***

De levensduur van de bodembescherming wordt bepaald door de duurzaamheid van het materiaal. De producteigenschappen van de bodembescherming kunnen na jaren gebruik veranderen, maar moeten aan de eisen blijven voldoen. De duurzaamheid van het product geeft aan of het voldoende bestand is tegen externe invloeden. Wanneer de bodembescherming lang mee kan gaan is dit voordelig voor het onderhoudsinterval.

De levensduur van bodembescherming kan worden bepaald volgens de NEN-EN-ISO 13438 "Screening test method for determining the resistance to oxidation", hier wordt vanuit gegaan dat het geotextiel gedurende de gebruiksfase onderhevig is aan fysische en chemische veroudering. Deze test is ook wel de oven test, hierbij wordt een oven ingesteld op 100 °C of 110 °C. Afhankelijk van het materiaal en toepassing kan de duur van de test worden bepaald. Na het verhitten kan de treksterkte en het rekvermogen worden bepaald. Vervolgens kan er verhouding worden opgesteld tussen de treksterkte en het rekvermogen van voor en na de test. Hiermee kan bekeken worden hoeveel de treksterkte en het rekvermogen is afgenomen of toegenomen. De treksterkte en het rekvermogen mag niet meer dan 75% afnemen, indien dit wel het geval is wordt de bodembescherming afgekeurd. (Bakker & van Stee, 2012)

### ***Soortelijk gewicht***

Het soortelijk gewicht van de bodembescherming is belangrijk voor de uitvoering en plaatsing van het product. Er zouden andere maatregelen moeten worden getroffen wanneer bijvoorbeeld blijkt dat het materiaal drijft of snel zinkt. Daarnaast is het soortelijk gewicht ook belangrijk voor het transport van het materiaal.

Bepalen van het soortelijk gewicht van kunstgras is moeilijk, omdat kunstgras veel poriën bevat. Om toch het soortelijk gewicht te bepalen zal een stuk kunstgras als monster dienen in de volgende proef. Als eerst moet het stuk kunstgras worden gewogen. Daarna moet het monster worden gedompeld in een maat gevoerde emmer met water. Vervolgens kan het volume worden berekend van de stijging van het waterpeil. Dit is ook het volume van het kunstgras monster. Door het volume te delen door het gewicht is het soortelijk gewicht bepaald (Vree, 2021).

### 3.3.2 Verbindingsmethodes

In dit onderdeel van het onderzoek wordt onderzocht wat mogelijke hechtingsmethodes kunnen zijn van de kunstgras banen. De banen die uit de sportvelden worden gesneden zijn meestal 4 meter breed. Om de 4 meter moeten de kunstgras matten, die de functie hebben gekregen als geotextiel, aan elkaar worden gemaakt en nog steeds aan de geotechnische- en milieukundige eisen voldoen.

#### **Naaïen**

GeoPex (fabrikant en leverancier van geotextiel) en Van Aalsburg (leverancier en uitvoerder projecten zinkstukken met geotextiel) maken gebruik van de UnionSpecial 2200. Dit is een Naaimachine die de geotextiel banen aan elkaar naait. Uit praktijkervaring van deze bedrijven blijkt dat dit een betrouwbare manier is om geotextiel te verbinden. Deze manier van verbinden kan mogelijk worden toegepast op het kunstgras.

Specificaties UnionSpecial 2200:

Snelheid : 1200 tot 1700 hechtungen per minuut

Doorsteekdiepte : 9 mm

Afstand tot hechtungen : 3 mm tot 9 mm

(UnionSpecial, 2021)



*Figuur 14 UnionSpecial (Van Aalsburg, 2021)*



*Figuur 13 Hechtingsnaad (Van Aalsburg, 2021)*

### **Lijmen**

Een ander alternatief voor het hechten van de kunstgrasbanen is plakken. Bij het aanleggen van voetbalvelden wordt er gebruik gemaakt van een vochtbestendige lijmband. De 2 stukken kunstgras worden op de lijmband gelegd en worden op deze manier aan elkaar verbonden. De lijmband moet bij voetbalvelden zijn kracht behouden wanneer deze nat is. Omdat deze plakband vochtbestendig is zou dit een mogelijkheid zijn om de kunstgrasbanen te verbinden, wanneer deze de functie hebben van geotextiel. (Bostik BV, 2021)



*Figuur 15 Vochtbestendige Lijmband (Bostik BV, 2021)*

### **Pennen**

Worteldoek wordt om bestrating, grind of houtsnippers te beschermen tegen onkruid. Dit worteldoek wordt vaak bevestigd met grondpennen. De grondpennen zorgen ervoor dat het worteldoek op zijn plek blijft liggen. Deze grondpennen zouden een alternatief kunnen zijn voor het verbinden van de kunstgrasmatten. De grondpennen komen voor in een kunststof- en metaalvorm.



*Figuur 16 Kunststof grondpen (Koopzaden.nl, 2021)*



*Figuur 17 Metaal grondpen (Totalflooring.nl, 2021)*



### **Verbinding door zinkstukken**

Zinkstukken worden gebruikt om de bodem te beschermen tegen erosie door stromend water. De klassieke zinkstukken zijn opgebouwd uit meerdere lagen wiepenrooster met daartussen in een riet laag om het zinkstuk zanddicht te maken. Het wiepenrooster bestaat uit in elkaar gedraaid wilgenhout en is arbeidsintensief om te maken.

Sinds 1960 worden er moderne zinkstukken toegepast die zijn opgebouwd uit een enkel wiepenrooster met daaraan bevestigd matten die waterdoorlatend en zand dicht zijn zoals in Figuur 18 weergegeven. De moderne zinkstukken hebben als voordeel dat er minder lage wiepenrooster hoeven te worden toegepast waardoor dit minder arbeidsintensief is.

Het wiepenrooster zorgt voor drijfvermogen en stevigheid gedurende het afzinkproces. Tijdens het afzinkproces worden er stenen boven op de matten met het wiepenrooster gestort om daarmee de matten te laten zinken. Als er geen wiepenrooster zou worden toegepast dan zou het onmogelijk zijn om het doek vlak op de bodem te krijgen. Tevens zorgt het wiepenrooster ervoor dat tijdens het storten onder een helling de steensortering minder snel van de matten af zal rollen zoals in Figuur 19 weergegeven.

Bij de het bouwen van de Afsluitdijk en Deltawerken zijn er ook zinkstukken met daarop wiepenroosters toegepast. Bij deze zinkstukken werden er matten toegepast met daarop betonblokken bevestigd om het zinkstuk te laten afzinken. Vanwege de grote krachten in het doek werd het doek bij deze toepassing versterkt met staalkabels.

Door gebruik te maken van zinkstukken kunnen de kunstgrasbanen onderling verbonden worden door deze te bestigen aan de wiepenroosters.



*Figuur 18 Modern zinkstuk (Van Aalsburg, 2021)*



*Figuur 19 Zinkstuk onder helling (van Aalsburg, 2021)*



*Figuur 20 Zinkstukken Afsluitdijk (Wikipedia, 2021)*

### ***Conclusie verbindingsmethodes***

In dit onderdeel zullen de verschillende verbindingsmethodes worden gevalideerd. Deze validatie is opgezet uit expertise van externe partijen. De verbindingsmethode die het best uit de conclusie komt, zal nader worden onderzocht in het geotechnisch onderzoek.

#### *Naaien*

Het naaien van de kunstgrasmatten is op zeker hoogte toepasbaar. Wel blijft deze verbinding twijfelachtig volgens het advies van Van Aalsburg, omdat de naaimachine mogelijk niet de kunstgrasmatten kan verwerken vanwege de hoogte van de op elkaar liggende kunstgrasmatten. Daarnaast is de kunstgrasmat minder flexibel en zwaarder dan geotextiel, dit komt de hanteerbaarheid niet ten goede. Het naaien zal proefondervindelijk moeten worden onderzocht, omdat de toepassing twijfelachtig is.

#### *Lijmen*

Uit advies van Antea blijkt dat na 10 jaar de kwaliteit van de hechting bij voetbalvelden na intensief gebruikt vermindert. Daarom is de verwachting dat wanneer deze lijmstroken toegepast zullen worden om de kunstgrasmatten te verbinden bij dijken de verbindingsmethode van onvoldoende kwaliteit blijkt te zijn. De dijk wordt ontworpen op een levensduur van 50 of 100 jaar, de kwaliteit van de lijmlaag zal zeer waarschijnlijk tijdens deze periode niet meer voldoen.

#### *Pennen*

Doordat de pennen in een natte situatie zullen worden toegepast, zal de praktische toepassing moeilijk te realiseren zijn. Ook zullen er speciale pennen ontwikkeld moeten worden, omdat deze grondpennen nog niet in deze functie toegepast worden.

#### *Verbinding door zinkstukken*

Door gebruik te maken van de al bekende zinkstukken wordt de kans op slagen vergroot, omdat deze techniek zich de afgelopen 100 jaar al veelvuldig heeft bewezen. Ook hebben de zinkstukken als groot bijkomende voordeel dat de matten door deze toepassing beter hanteerbaar en af te zinken zijn. Doordat het kunstgras naar verwachting een hogere treksterkte heeft dan het huidige toegepaste geotextiel heeft het kunstgras een bredere toepasbaarheid. Om deze redenen worden de zinkstukken in combinatie met het kunstgras verder onderzocht in het geotechnisch onderzoek.

## 4 Literatuuronderzoek

Het literatuuronderzoek bestaat uit drie onderdelen. In elke van deze onderdelen worden de kunstgras soorten op verschillende aspecten beoordeeld. De aspecten waar deze soorten op beoordeeld worden bestaan uit de milieukundige effecten, technische eigenschappen en de verkrijgbaarheid. Op basis van deze drie aspecten kan een inschatting worden gemaakt naar de haalbaarheid van iedere soort kunstgras.

## 4.1 Milieukundige effecten

In dit deel van het literatuuronderzoek staat omschreven welke kunstgrassoort naar verwachting het minst nadelige effect zal hebben op de omgeving, wanneer deze is toegepast als bodembescherming. In dit onderzoek zal er een vergelijking worden opgesteld van twee soorten kunstgras, namelijk:

- Voetbalkunstgras (K06) Rubber granulaat Infill
- Hockeywaterveld (K42) Non infill

Deze twee soorten kunstgras worden vergeleken, omdat deze sterk verschillen in de keuze van infill. Het hockeywaterveld heeft namelijk geen infill en het voetbalkunstgras wel.

De kunstgras matten bestaan uit twee onderdelen, namelijk: de vezel en de backing. Deze onderdelen zijn van een bepaald plastic gemaakt die mogelijk effect kunnen hebben op de omgeving. Hieronder staan de soorten polymeren die onderzocht worden (Kunststofoveral, 2021).

### Voetbalkunstgras (K06)

- Vezel - PE (polyetheen / polyethyleen)
- Backing - PP ((polypropeen / polypropyleen)

### Hockeywaterveld (K42)

- Vezel - PE (polyetheen / polyethyleen)
- Backing\*\* - PP/PET (polypropeen / polypropyleen) / (polyethyleentereftalaat)

Het gekozen polymeer (PE) van de vezel is in beide kunstgras soorten gelijk. De vezel zal dus geen verschil aantonen tussen de kunstgrasmatten.

De backing van de matten bestaan allebei voornamelijk uit polypropeen (PP). Wel bevat de backing van waterhockeyvelden ook Polyethyleentereftalaat (PET). PET heeft ten opzichte van PP geen extra nadelige effecten op het gebied van milieu. Daarom zal de backing geen verschil vertonen tussen de twee kunstgrasmatten.

Naast de vezel en de backing kan de infill ook effect hebben op de omgeving. Uit het vooronderzoek blijkt dat de matten na het kloppen nog infill bevatten. Wanneer de kunstgras matten na het kloppen toegepast zullen worden als bodembescherming, kan de infill effect hebben op de omgeving.

Het voetbalkunstgras (K06) heeft een rubbergranulaat infill (SBR). Uit het onderzoek van (Postma, van der Oost, & STOWA, 2018) blijkt dat de rubber infill uitloopt naar de omgeving. Uit deze infill komen voornamelijk zware metalen voor zoals zink.

De waterhockeyvelden (K42) wordt geen infill toegepast. Hierom is de verwachting dat, op het gebied van infill, het waterhockeyveld beter scoort in het uitvoerende milieukundig onderzoek.

### Conclusie

Doordat de kunstgras matten en vezel van het voetbalkunstgras (K06 Rubber granulaat Infill) en het hockeywaterveld (K42 Non infill) van vrijwel dezelfde polymeren zijn gemaakt, zullen ze even veel effect hebben op de omgeving. Doordat het voetbalkunstgras nog veel rubber infill bevat na het kloppen, zal dit meer effect hebben op de omgeving dan de non infill van waterhockeyvelden. Hierom is de hypothese dat het kunstgras van een waterhockeyveld minder negatieve, milieukundige gevolgen zal hebben op de omgeving.

## 4.2 Technische eigenschappen

In dit onderdeel worden de technische eigenschappen vergeleken met de eisen per benoemde constructie die in Huidige bodembescherming zijn toegelicht. De technische eigenschappen worden verder in dit onderdeel ook onderling vergeleken in de vorm van een multicriteria analyse.

### Vergelijking technische eigenschappen

Door de technische eigenschappen eerst te vergelijken met de eisen per verschillende constructie in de Abraham Wissepolder kan er een inschatting gemaakt worden voor welke toepassing het kunstgras het meeste geschikt is.

De treksterkte voor de kunstgrasmat is gebaseerd op de treksterkte van het doek wat gebruikt wordt voor de backing. De treksterkte zou in de realiteit lager kunnen liggen door de toepassing van kunstgrasvezels. De latex toepassing zal echter geen invloed hebben op de treksterkte.

	Testnorm	Eenheid	Glooiingsconstructie	Kreukelbermconstructies	Vooroeverconstructie	Geotextiel 25*25	Geotextiel 40*40	Geotextiel 60*60	Voetbalveld	Voetbalveld	Hockeyveld (waterveld)	Hockey- & Tennisveld (zand)	Hockey- & Tennisveld (zand)
<b>Soort backing</b>									D16	K06	K42	P13	P16
<b>Waterdoorlaatbaarheid</b>	EN ISO 11058	l/m2/s	>1,81*10 <sup>-4</sup>	>1,81*10 <sup>-4</sup>	>4,6*10 <sup>-2</sup>	7,00	7,00	18,00		0,556	0,514		
<b>Treksterkte</b>	EN ISO 10319	kN/m	>21	>7,51	>9,1	25,0	40,0	60,0	21,0	37,0	30,0	21,0	19,0
<b>Levensduur</b>	NEN-EN-ISO 13438	Jaar				50,0	100,0	100,0					
<b>Zanddichtheid</b>	EN ISO 12956	µm	<300	<138	<110	250,0	200,0	225,0					
<b>Perforatieweerstand</b>	EN 918	mm	n.v.t.	>2918*10 <sup>-6</sup>	>5539*10 <sup>-6</sup>	12,0	10,0	12,0					
<b>Doorponswaerstand</b>	EN ISO 12236	kN	>4,9	>12,7	>8,5	3,0	4,5	7,0					
<b>Rekvermogen</b>	EN ISO 10319	%	>3,1	>76,2	>24	15,0	17,0	15,0	12,5	20,0	4,0	21,5	21,5
<b>Gewicht</b>	EN 965	g/ m2	n.v.t.	>640	>900	125,0	190,0	280,0	247,0	208,0	372,0	117,0	132,0

Tabel 2 vergelijking technische eigenschappen

### Conclusie technische eisen

In dit onderdeel van paragraaf 'Vergelijking technische eigenschappen' worden de sterkte-eigenschappen van de verschillende kunstgrassoorten beoordeeld. Uit onderzoek is gebleken dat niet alle test methodes van de sterkte-eigenschappen van kunstgras overeenkomen met die van geotextiel. Hierom zijn niet alle gestelde eisen beschikbaar. De sterkte-eigenschappen die niet beschikbaar zijn zullen worden getest in het uitvoerige geotechnisch onderzoek.

Uit de specificaties die wel beschikbaar zijn is te zien dat het voetbalveld (D16), voetbalveld (K06), hockeyveld (K42) en hockeyveld (P13) voldoen aan de eisen van de glooiingsconstructie. Alleen hockeyveld (P16) voldoet niet aan de eisen van de glooiingsconstructie, deze faalt op de treksterkte.

Bij de kreukelberm- en de vooroeverconstructie voldoen de treksterktes van alle kunstgrassoorten. Het rekvermogen van alle kunstgrassoorten zijn te laag voor deze constructies. Wel blijkt dat het rekvermogen vergelijkbaar is met die van de verschillende geotextielen.

### ***Multicriteria analyse technische eigenschappen***

De multicriteria analyse is opgesteld om, op basis van de eigenschappen, de soorten bodembescherming met elkaar te vergelijken. Ieder eigenschap krijgt een eigen weegfactor, deze weegfactor is gebaseerd op de waarde van de eigenschap bij de toepassing.

In Tabel 3 worden de belangrijkste product eigenschappen van iedere soort bodembescherming met elkaar vergeleken. Deze worden vergeleken in een vorm van een MCA, hierdoor kan er onderlinge onderscheid worden gemaakt tussen de verschillende type bodembescherming. De motivatie voor het beoordelen en bepalen van de weegfactor wordt voor iedere technische eigenschap onderstaand toegelicht.

#### *Treksterkte*

De treksterkte is de belangrijkste eigenschap van de bodembescherming. Een hoge treksterkte is noodzakelijk bij het plaatsen van de bodembescherming. Omdat deze eigenschap zo belangrijk is heeft deze de hoogste weegfactor.

#### *Rekvermogen*

Het rekvermogen is van belang om vervorming van de ondergrond op te kunnen vangen. Als deze vervorming onvoldoende kan worden opgevangen kunnen er grote trekkrachten optreden. Deze trekkrachten kunnen leiden tot scheuren.

#### *Perforatieweerstand*

Perforatieweerstand is van toepassing wanneer er stortsteen vanaf hoogte op de bodembescherming wordt gestort. Wanneer de perforatieweerstand onvoldoende is kunnen er scheuren in de bodembescherming ontstaan door het gestorte stortsteen. Dit heeft vervolgens invloed op de treksterkte.

#### *Doorpons*

De doorponsweerstand wordt bepaald door de krachten die optreden door de golfslag tijdens de aanlegfase. Wanneer deze waarde hoog is kan de bodembescherming ook worden aangelegd wanneer er grote krachten optreden veroorzaakt door de golfkracht.

#### *Zanddichtheid*

De zanddichtheid is een belangrijke eigenschappen van de bodembescherming. Want als de bodembescherming onvoldoende zanddicht is zou door erosie de onderliggende ondergrond kunnen uitspoelen. Wanneer deze ondergrond uitspoelt verliest de dijk zijn stabiliteit en komt de dijk kern bloot te liggen.

#### *Waterdoorlatendheid*

Wanneer een dijk onvoldoende waterdoorlatend is kunnen er grote trekkrachten op treden. Deze trekkrachten worden veroorzaakt door de waterdruk die optreedt door grondwaterstandverschillen.

### Vergelijkingstabel MCA technische eigenschappen

Hieronder is een vergelijkingstabel weergegeven. Deze tabel is gebaseerd op Tabel 2. Elk beoordelingscriterium heeft een weefactor gekregen. Iedere behaalde score wordt vermenigvuldigd met de daarbij behorende weefactor. Nadat deze score is vermenigvuldigd, worden alle criteria bij elkaar opgeteld om tot een totaal te komen. Doormiddel van deze totaalscore kunnen de verschillende soorten kunstgras en geotextiel met elkaar vergeleken worden. Omdat niet alle eigenschappen bekend zijn zal de MCA gebaseerd zijn op de wel bekende eigenschappen. De eigenschappen die niet voor alle soorten bodembescherming bekend zijn krijgen een weefactor van 0% hierdoor worden deze niet opgenomen in de totaalscore.

Multicriteria analyse technische eigenschappen bodembescherming										
Hoofcriteria	Subcriteria	Weefactor	Geopex PP 25/25	Geopex PP 40/40	Geopex PP 60/60	Voetbalveld	Voetbalveld	Hockeyveld (waterveld)	Hockey- & Tennisveld (zand)	Hockey- & Tennisveld (zand)
Soort backing						D16	K06	K42	P13	P16
Technische eigenschappen	<i>Robuustheid</i>									
	Treksterkte	50,0%	0,21	0,33	0,50	0,18	0,31	0,25	0,18	0,16
	Rekvermogen	50,0%	0,35	0,40	0,35	0,29	0,47	0,09	0,50	0,50
	Perforatieweerstand	0,0%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Doorpons	0,0%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<i>Functionaliteit</i>									
	Zanddichtheid	0,0%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Waterdoorlatendheid	0,0%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Totaal</b>		<b>100%</b>	<b>0,56</b>	<b>0,73</b>	<b>0,85</b>	<b>0,47</b>	<b>0,77</b>	<b>0,34</b>	<b>0,68</b>	<b>0,66</b>

Tabel 3 MCA technische eigenschappen

### Conclusie MCA technische eigenschappen

De MCA is enkel gebaseerd op de sterkte-eigenschappen van de treksterkte en het rekvermogen. Dit omdat de andere vergelijkbare eigenschappen van de verschillende soorten bodembescherming niet bekend zijn. Deze eigenschappen zullen in het geotechnisch onderzoek nader worden onderzocht.

Uit Tabel 3 blijkt dat het geotextiel 60/60 het hoogste scoort, dit komt doordat het geotextiel de grootste treksterkte heeft van 60 kN. Na dit geotextiel scoort het voetbal kunstgras (met de backing K06) het hoogst, dit komt door de combinatie van treksterkte en rekvermogen. Het hockeyveld met backing K42 scoort het laagst, dit komt doordat deze een laag rekvermogen heeft. Ondanks dit lage rekvermogen voldoet het hockeyveld wel aan de eisen die in Tabel 1 gesteld zijn aan de glooiingsconstructie.

### 4.3 Verkrijgbaarheid

De verkrijgbaarheid is een belangrijk aspect om mee te nemen bij de beoordeling van het sporttechnisch versleten kunstgras. Dit is een belangrijk onderdeel, omdat de verkrijgbaarheid de waarden van de uitkomst bepaald. Wanneer bijvoorbeeld blijkt dat een kunstgras soort toegepast kan worden als bodembescherming, maar dat de totale afvalstroom van dit soort kunstgras minimaal is heeft dit geen realistische toepassing.

#### **Aanbod**

In Tabel 4 is weergegeven wat de verwachting is van de hoeveelheid vierkante meter kunstgras die zal vrijkomen. Deze hoeveelheden zijn een schatting van een professional. Met deze hoeveelheden kan er een inschatting worden gemaakt van de grote van de verschillende soorten kunstgras afvalstromen.

Voor de verkrijgbaarheid, is er gekozen onderzoek te doen naar wat er nu vrijkomt en over 10 jaar. Voor 'nu' is gekozen, omdat wanneer blijkt dat de toepassing haalbaar is, deze meteen toegepast kan worden. Daarnaast is voor over 10 jaar gekozen, omdat kunstgrasvelden ongeveer een levensduur van 10 jaar hebben voordat ze als sporttechnisch versleten bestempeld worden. Door te kijken naar het kunstgras dat nu wordt aangelegd, kan een voorspelling worden gedaan naar hoe groot de afval stroom zal zijn over 10 jaar.

Verkrijgbaarheid							
Hoofcriteria	Sub criteria	Voetbalkunstgras non infill	Voetbalkunstgras met infill	Hockeyveld (waterveld)	Hockeyveld zand infill	Tennisveld	Korfbal
Verkrijgbaarheid (m2)	Nu	0	1.500.000	28.500	256.500	120.000	25.000
	Over 10 jaar	375.000	1.125.000	142.500	142.500	120.000	25.000
Verkrijgbaarheid (%)	Nu	0%	78%	1%	13%	6%	1%
	Over 10 jaar	19%	58%	7%	7%	6%	1%

Tabel 4 Verkrijgbaarheid kunstgras

In Tabel 4 is te zien dat er op dit moment geen voetbalkunstgras zonder infill vrijkomt. Dit komt doordat deze kunstgrassoort pas recent wordt toegepast. In de toekomst zal deze kunstgrassoort voor 50% van alle voetbalkunstgrasvelden worden toegepast. Dit is ook van toepassing voor de hockeywatervelden. Doordat er 10 jaar geleden weinig hockeyvelden zijn aangelegd, is dit een klein deel van de afvalstroom. Op dit moment bestaat 50% van de nieuw aangelegde hockeyvelden uit watervelden.



### Multicriteria analyse (MCA) verkrijgbaarheid

De gegevens uit Tabel 4 worden in een MCA vergeleken. Door deze in een MCA te vergelijken kan iedere soort kunstgras een eigen score behalen. De weging van deze score wordt onderstaand nader toegelicht.

#### Nu

'Nu' heeft de hoogste weefactor (60%), hiervoor is gekozen omdat het doel is om op korte termijn iets te doen met de huidige kunstgras afvalstromen.

#### Over 10 jaar

Over 10 jaar heeft een lagere weefactor, omdat er in 10 jaar veel kan gebeuren op het gebied van recycling en circulair ontwerpen.

#### Vergelijkingstabel MCA-verkrijgbaarheid

De score berekend in Tabel 5 is op dezelfde manier berekend als die in het kopje Technische eigenschappen beschreven.

Multicriteria analyse verkrijgbaarheid								
Hoofcriteria	Sub criteria	Weefactor	Voetbalkunstgras non infill	Voetbalkunstgras met infill	Hockeyveld (waterveld)	Hockeyveld zand infill	Tennisveld	Korfbal
Verkrijgbaarheid	Nu	60,0%	0,00	0,60	0,01	0,10	0,05	0,01
	Over 10 jaar	40,0%	0,13	0,40	0,05	0,05	0,04	0,01
<b>Totaal</b>		<b>100%</b>	<b>0,13</b>	<b>1,00</b>	<b>0,06</b>	<b>0,15</b>	<b>0,09</b>	<b>0,02</b>

Tabel 5 MCA verkrijgbaarheid kunstgras

#### Conclusie MCA-verkrijgbaarheid

In Tabel 5 is te zien dat het voetbalkunstgras met infill het hoogste scoort. Dit komt doordat deze soort op dit moment de hoogste verkrijgbaarheid heeft en over 10 jaar, samen met voetbalkunstgras non-infill, het hoogste. Een score van 1 is hiermee dus logisch. Het voetbalkunstgras non infill is naar verwachting een vrij grote afvalstroom en scoort 0,13. Het voetbalkunstgras non-infill en hockeywaterkunstgras bestaan uit dezelfde soort backing en milieukundige eigenschappen, hierdoor kunnen deze twee samen worden genomen. Dit geeft als resultaat dat het voetbalkunstgras met infill (1,00) en het kunstgras non-infill/waterveld (0,18) het beste uit de MCA komen.

## 5 Conclusie en samenvatting

In dit onderdeel van het literatuuronderzoek worden alle onderzochte onderdelen benoemt en worden de conclusies samengevat. Vervolgens staat ook per onderdeel de vervolgonderzoek stappen uitgelegd.

### **Milieukundig**

Uit het literatuuronderzoek blijkt dat het hockeywaterveld en het voetbalveld non-infill het beste uit het milieukundig onderzoek komen. Dit komt doordat deze niet gebruikmaken van infill, hierdoor zal het effect op de omgeving lager zijn dan die van velden met infill.

### **Geotechnisch**

#### *Verbindingsmethodes*

Uit het literatuuronderzoek blijkt dat de verbindingmethode die gebruikt maakt van de zinkstukken de meest haalbare verbinding is, omdat deze nu al wordt toegepast met het huidige geotextiel. Daarnaast raadt Van Aalsburg aan om de verbinding 'naaien' ook verder te onderzoeken, omdat deze manier ook toegepast wordt in combinatie met zinkstukken. Dit zal verder worden onderzocht in het geotechnische onderzoek.

#### *Technische eigenschappen*

Uit de conclusie van het onderzoek naar de producteigenschappen is gebleken dat uit de verkregen eigenschappen te concluderen is dat alle soorten kunstgras voldoen aan de eisen die gesteld zijn van de glooiingsconstructie van het project in de Wissepolder en dat de eigenschappen vergelijkbaar zijn met die van geotextiel.

Wel blijkt uit het onderzoek dat er te weinig gegevens bekend zijn van kunstgras om een goede vergelijking te kunnen maken met geotextiel. Dit komt doordat kunstgras op een geheel ander wijze wordt getest dan geotextiel.

Uit de multicriteria analyse van de technische eigenschappen is gebleken dat op het gebied van treksterkte en rekvermogen voetbalkunstgras met backing K06 het best scoort. Verder blijkt dat de treksterkte van een waterhockeyveld K42 hoog scoort, maar door het laagste rekvermogen deze laag in de MCA (technische eigenschappen) scoort.

### **Verkrijgbaarheid**

Uit het literatuuronderzoek van de verkrijgbaarheid blijkt dat op dit moment de voetbalkunstgrasvelden met infill het grootste deel is van de kunstgras afvalstroom. Over 10 jaar zal de voetbalvelden met infill nog steeds het grootst zijn, maar het verschil met de kunstgrasvelden zonder infill zal steeds kleiner worden. In de toekomst zal er steeds vaker worden gekozen voor non-infill, omdat uit onderzoek blijkt dat velden met infill milieuverontreinigend zijn.

### **Vervolg onderzoek**

In het vervolgonderzoek zal het kunstgras van de waterhockeyvelden (K42) verder worden onderzocht, omdat deze voldoende scoort op de onderdelen: verkrijgbaarheid en sterkte-eigenschappen. Doorslaggevend voor deze keuze is de hoogste haalbaarheid op milieukundig gebied.

Verder zal ook het kunstgras van de voetbalvelden met rubbergranulaat infill (K06) worden onderzocht in de vervolgonderzoeken. Hiervoor is gekozen vanwege de hoogste scores op de onderdelen: verkrijgbaarheid en sterkte-eigenschappen.

De vervolgonderzoeken zullen bestaan uit een geotechnisch en een milieukundig onderzoek. Het geotechnisch onderzoek bestaat uit:

- Stroomgootproef
- Technische-eigenschappen proeven

Deze proeven zullen worden uitgevoerd in samenwerking met SGS en de Hogeschool van Rotterdam.

Het milieukundig onderzoek zal bestaan uit:

- Uitloogonderzoek
- Milieukosten indicator

Door deze twee onderzoeken in het milieuonderzoek te verwerken kan worden bepaald of de toepassing haalbaar en van waarden is op milieukundig gebied.

Door het milieukundig- en geotechnische onderzoeksresultaten te verwerken kan er, op basis van deze resultaten, een adviesrapport worden opgesteld. Uit dit adviesrapport zal blijken of de toepassing van kunstgras in de functie bodembescherming mogelijk is.

## 6 Bibliografie

- Bakker, F., & van Stee, K. (2012). *Ontwerprichtlijn geokunststoffen onder steenbekleding*. Middelburg.
- Bostik BV. (2021, februari 17). *Kunstgras Lijmsystemen*. Opgehaald van bostik.com:  
[https://www.bostik.com/files/live/sites/shared\\_bostik/files/import-netherlands/globalassets/countries/netherlands/brochures/brochure-pagina/hovenierstechniek/bostik\\_folder-kunstgrasverlijming\\_2019\\_online.pdf](https://www.bostik.com/files/live/sites/shared_bostik/files/import-netherlands/globalassets/countries/netherlands/brochures/brochure-pagina/hovenierstechniek/bostik_folder-kunstgrasverlijming_2019_online.pdf)
- Cirkel, J., Dam, C. v., & Deltaris. (2015). *Handreiking dijkbekleding*.
- de Koning, M. (2019). *Werkplan kolomproef*.
- Ecochain. (2021, maart 03). *Levenscyclus analyse*. Opgehaald van Ecochain.com:  
<https://ecochain.com/nl/knowledge/levenscyclusanalyse-life-cycle-assessment-lca-complete-beginners-guide/>
- Ecochain. (2021, maart 03). *Milieukostenindicator*. Opgehaald van ecochain.com:  
<https://ecochain.com/nl/knowledge/milieukosten-indicator-mki/>
- GBN/AGR. (2021, februari 23). *Circulair kunstgras*. Opgehaald van gbn.nl:  
<https://www.gbn.nl/producten/circulair-kunstgras/>
- Greenmatter. (2021, februari 23). *Producten*. Opgehaald van greenmatter.nl:  
<https://greenmatter.nl/producten/>
- Infrawiki. (2021, januari 10). *Bodembescherming*. Opgehaald van Infrawiki.nl:  
<https://www.infrawiki.nl/index.php/begrippenlijst/181-bodembescherming-bed-protection>
- Koopzaden.nl. (2021, februari 17). *Nature kunststof grondpennen*. Opgehaald van Koopzaden.nl:  
[https://www.koopzaden.nl/product/11339/nature-kunststof-grondpennen-20-cm/?gclid=CjwKCAiAmrOBBhA0EiwArn3mfLILECUZzTo3gYodszQhhBVTyck-GOijs\\_iUWLQIEipmKlypONId6hoCkKcQAvD\\_BwE](https://www.koopzaden.nl/product/11339/nature-kunststof-grondpennen-20-cm/?gclid=CjwKCAiAmrOBBhA0EiwArn3mfLILECUZzTo3gYodszQhhBVTyck-GOijs_iUWLQIEipmKlypONId6hoCkKcQAvD_BwE)
- Kunststofoveral. (2021, maart 28). *Polymeren*. Opgehaald van Kunststofoveral.nl:  
<https://www.kunststofoveral.nl/leerling/polymeren>
- Materiaaleigenschappen geotextiel. (sd). *rijksoverheid.nl*. Opgehaald van  
<https://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bouwstoffen-en-afvalstoffen/geotextiel/materiaaleigenschappen-geo106744>
- Postma, J., van der Oost, R., & STOWA. (2018). *STOWA - Verkenning milieueffecten voor het aquatisch ecosysteem*. Amersfoort.
- sportbelijning*. (2018). Opgehaald van  
[http://www.sportbelijning.nl/Kunstgras\\_recycling\\_renovatie\\_voetbal\\_hockey\\_tennis\\_korfbal.html](http://www.sportbelijning.nl/Kunstgras_recycling_renovatie_voetbal_hockey_tennis_korfbal.html)
- SYNLAB. (2021, februari 15). *Uitloogonderzoek*. Opgehaald van SYNLAB:  
<http://nl.alcontrol.com/nl/uitloogonderzoek-netherlands>
- Technische adviescommissie voor de waterkeringen. (2001). *Technisch Rapport Waterkerende grondconstructies*. Den Haag.

- Totalflooring.nl. (2021, februari 17). *Gronddoekpennen*. Opgehaald van Totalflooring.nl:  
<https://www.totalflooring.nl/tentdoek-tentzeil-bescherming-tenttapijt/gronddoekpennen-gronddoek-pen-p61c119.html>
- UnionSpecial. (2021, februari 17). *Parts & Manual*. Opgehaald van UnionSpecial.com:  
<https://unionspecial.parts/manuals/page5#view-2200aas>
- Van Aalsburg. (2021, februari 17). *Van Aalsburg*. Opgehaald van Albelli:  
<https://www.albelli.nl/onlinefotoboek-bekijken?widgetId=285420c7-1afc-423d-8fdf-f245e5be0353>
- van Aalsburg. (2021, februari 25). *Zinkstukken / kraagstuk*. Opgehaald van van Aalsbrug:  
[www.vanaalsburgbv.nl/zinkstuk/](http://www.vanaalsburgbv.nl/zinkstuk/)
- van Hogezaand, D., & Termes, I. (2017). *Dictaat Water*.
- Verschoor, A., Bodar, C., Baumann, R., & RIVM. (2018). *Verkennen milieueffecten rubbergranulaat bij kunstgrasvelden*.
- Vree, J. d. (2021, februari 15). *Volumieke massa*. Opgehaald van Joost de Vree:  
[https://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/volumieke\\_massa.htm](https://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/volumieke_massa.htm)
- Wikipedia. (2021, februari 25). *Zinkstuk*. Opgehaald van Wikipedia:  
<https://nl.wikipedia.org/wiki/Zinkstuk>

# 7 Bijlage

## PRODUCTS

Product Type	Product		Single Layer Plain										Single Layer Fleece										Multi Layer Fleece										Multi Layer Warp knitted										Multi Layer Warp knitted/Fleece	
	Unit		P13 004476	P16 004476	H13 184476	H16 184476	H26 254476	D06 180061	D11 200077	D16 250061	C18 7344P1	H18 7444P1	G16 764476	X04 327676	K06 327676	K18 32P191	K23 32P193	K24 32P1P1	K29 32P176	K42 32P171																								
Weight	g/m <sup>2</sup>		117	132	140	155	145	257	214	247	208	215	291	197	208	186	194	217	243	372																								
Material 1			PP	PP	PP	PP	PP	PP	PP	PP*	PP*	PP*	PP	PP	PP	PP*	PP*	PP*	PP*	PP*																								
Material 2			-	-	-	-	PP	PP	PP	PET nonwoven	PP Scrim	Glass Scrim	PP	PP	PET nonwoven	PP Scrim	PP*	PP*	PP*	PP																								
Construction Material 1	MD threads/10cm	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118																								
	CD threads/10cm	51	63	51	63	63	51	43	51	71	71	63	43	51	71	71	43	71	71	71																								
Construction Material 2	MD threads/10cm	-	-	-	-	-	118	118	118	-	62	24	118	118	-	62	118	118	118	118																								
	CD threads/10cm	-	-	-	-	-	51	43	51	-	24	21	27	51	-	24	51	43	43	43																								
Strength (Fmax)	MD N/5cm	1050	950	600	580	550	1050	1500	1050	850	900	950	1500	1850	1150	1200	2000	1900	1500	2000																								
	CD N/5cm	1050	1300	800	1000	1000	1500	1000	1450	2000	2250	1250	1300	1450	2250	2250	2800	2850	2600	2600																								
Elongation at Fmax	MD %	21,5	21,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	14,0	14,5	2,5	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0																								
	CD %	22,0	22,0	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	21,0	19,5	2,5	20,0	20,0	20,0	22,0	22,0	22,0	20,0	20,0																								
Shrinkage at 132°C	MD %	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	3,8	4,8	3,0	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	3,0																								
	CD %	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,2	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,5																								

MD = machine direction  
 CD = cross-machine direction  
 Material \* = PP/PET backing  
 Material \*\* = PP/PET backing with glass scrim