Plantaardige reststromen ter verduurzaming van steenwol substraat

Afstudeerwerkstuk

Rienke Bloem

Plantaardige reststromen ter verduurzaming van steenwol substraat

Afstudeerwerkstuk

[Omslagfoto: VPN, z.d.]

Afstudeerdocent: Dinand Ekkel

Auteur: Rienke Bloem
Opleiding: Toegepaste Biologie
Major

Raalte, 11 juni 2019

DISCLAIMER
Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van haar opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.

Voorwoord

Als vierdejaarsstudent van de opleiding 'Toegepaste Biologie' aan de Aeres Hogeschool te Almere, heb ik dit afstudeerwerkstuk geschreven over 'plantaardige reststromen ter verduurzaming van steenwol substraat'. Een actueel onderwerp, bleek tijdens mijn oriëntatie op de 'Horticontact beurs' in Gorinchem afgelopen 20 februari. Dit maakte het onderwerp interessant voor een afstudeerwerkstuk, omdat onderzoek naar alternatieve substraten zou kunnen bijdragen aan het verduurzamen van de plantenteelt in de glastuinbouw sector.

Dit afstudeerwerkstuk is geschreven tijdens mijn afstudeerstage op locatie van het bedrijf 'The Green East', maar is bestemd voor de examencommissie van de Aeres Hogeschool in Almere. Dit betekent dat het uiteindelijke afstudeerwerkstuk schriftelijk zal worden getoond aan school en in principe openbaar is.

Mijn dank gaat uit naar Dinand Ekkel voor zijn begeleiding tijdens de afstudeerkringen en voor de tussentijdse feedback op concepten van het vooronderzoek en afstudeerwerkstuk. Daarnaast wil ik Geert Sol en Remco Simonsz bedanken voor de begeleiding tijdens het afstuderen bij The Green East en ook voor tussentijdse feedback op concepten van het vooronderzoek en afstudeerwerkstuk. Tot slot wil ik alle andere medewerkers van The Green East bedanken voor het mogelijk maken van mijn afstudeerstage.

Inhoudsopgave

Samenvatting 5
Abstract 6
1. Inleiding 7
1.1 Hoofd- en deelvragen 10
1.2 Afbakening 10
1.3 Leeswijzer 11
2. Onderzoeksmethodologie 12
2.2 Methode dataverzameling 12
2.4 Methodologie per deelvraag 14
2.5 Methode data-analyse 15
2.6 Beantwoording van de hoofdvraag 18
3. Resultaten 19
3.1 Substraat eisen voor plantengroei 19
3.2 Beschikbaarheid van plantaardige reststromen 21
3.2.1 Vlas reststroom 21
3.2.2 Vlasplant 22
3.2.3 Kenafproductie 23
3.2.5 Olifantsgras reststroom 24
3.2.6 Olifantsgras plant 25
3.2.8 Hennepplant 26
3.3 Praktische haalbaarheid en lage milieubelasting 27
3.3.1 Bulkdichtheid, poriënvolume en steriliteit 27
3.3.1.1 Vlasscheven 27
3.3.1.2 Kenaf 27
3.3.1.3 Olifantsgras 27
3.3.1.4 Hennepscheven 27
3.3.1.5 Gemiddelde bulkdichtheid en poriënvolume 28
3.3.2 Verwerkingstoepassing en CO_2-voetafdruk 29
3.3.2.2 Kenaf 31
3.3.2.3 Olifantsgras 32
3.3.2.4 Hennep 33
3.4 Multicriteria-analyse 34
3.4.1 Beoordeling continuïteit en beschikbaarheid 34
3.4.2 Beoordeling bulkdichtheid, poriënvolume 34
3.4.2.1 Vlasscheven 34

3.4.2.2 Kenaf 34
3.4.2.3 Olifantsgras 34
3.4.2.4 Hennepscheven 35
3.4.3 Beoordeling steriliteit 35
3.4.4 Beoordeling verwerkingstoepassing en CO_2-voetafdruk 35
4. Discussie 36
4.1 Resultaten discussie 36
4.1.1 Substraateisen plantaardige reststromen 36
4.1.2 Beschikbaarheid plantaardige reststromen binnen Europa 36
4.1.3 Praktische haalbaarheid plantaardige reststromen 36
4.2 Onderzoeksaanpak 38
4.2.1 Deelvraag 1 38
4.2.2 Deelvraag 2 39
4.3 Discussie type onderzoek 40
4.4 Beoordeling van verkregen informatie 41
4.5 Reikwijdte resultaten 41
5. Conclusie en aanbevelingen 42
5.1 Beantwoording deelvragen 42
5.2 Beantwoording hoofdvraag 43
5.3 Aanbevelingen 43
Referenties 44
Bijlagen 52
Bijlage I Tijdsplanning 53
Bijlage II Effectentabel & Multicriteria-analyse tabel 54
Bijlage III Volumefractie, bulkdichtheid en poriënvolume van verschillende substraatmedia 55
Bijlage IV Referentiematrix van gebruikte bronnen voor de resultaten 57
Bijlage V Gespreksverslag Maan Bio Based Products 59
Bijlage VI Emailcontact met VitroPlus 65
Bijlage VII Telefonischcontact met Klasmann-Deilmann 66
Bijlage VIII Checklist Schriftelijk Rapporteren 68

Samenvatting

Substraten als natuurlijke of kunstmatige bodem voor plantengroei, worden al jarenlang gebruikt in de glastuinbouw. Eén van de belangrijkste substraten voor de teelt van groentegewassen is steenwol. Echter, het productieproces van steenwol kost veel energie, heeft een hoog koolstofdioxide uitstoot en steenwol is niet biologisch afbreekbaar, waardoor steenwol een hoge milieu-impact heeft. Door een toenemende druk op wetgevers, handelaren en telers om de milieubelasting van de plantaardige productie te verminderen, is het van belang onderzoek te doen naar het verduurzamen van de huidige substratenteelt. Telers in de glastuinbouw hebben behoefte aan betaalbare, hernieuwbare en vooral voldoende beschikbare materialen, maar het is nog onbekend of er materialen geïdentificeerd kunnen worden die geen belasting hebben op het milieu én effectief zijn als groeimedium voor planten. Gezien het milieuvoordeel van plantaardige materialen, heeft dit onderzoek als doel om te omschrijven welke schaalbare plantaardige reststromen beschikbaar zijn als mogelijk alternatief voor steenwolsubstraat.

Hiervoor is onderzoek gedaan op basis van literatuur en expertise naar de eisen waaraan een alternatief substraat moet voldoen voor de groei van groentegewassen, de beschikbaarheid van plantaardige reststromen en de praktische haalbaarheid betreffende verwerking en de CO_2-voetafdruk van plantaardige reststroommaterialen. De materialen zijn beoordeeld op enkele fysische kenmerken (bulkdichtheid, poriënvolume en steriliteit), verwerkingstoepassing en CO_2-voetafdruk. Resultaten zijn vergeleken op basis van een multicriteria-analyse.

Uit dit onderzoek blijkt dat de reststroom van vlas, olifantsgras en hennep van voldoende omvang beschikbaar zijn binnen Europa. Het is onbekend of van kenaf een reststroom vrijkomt binnen Europa, omdat hiernaar nog onderzoek gaande is. Echter, er is geen informatie gevonden over hoe deze reststromen kunnen worden toegepast als bruikbaar alternatief substraat. Plantaardige materialen hebben een lagere CO_2-voetafdruk dan anorganisch materialen zoals steenwol, wat het gebruik van plantaardige materialen aantrekkelijk maakt als alternatief.

Er is meer experimenteel onderzoek nodig naar meer fysische eigenschappen en verwerking van deze plantaardige reststromen, om een indicatie te krijgen over de bruikbaarheid van plantaardige materialen als alternatief substraat voor de groei van groentegewassen.

Abstract

Substrates as a natural or artificial growth media for plants have been used in horticulture for many years. One of the most important substrates for growing vegetable crops is rockwool. However, the production process of rockwool consumes a lot of energy, has a high carbon dioxide emission and rockwool is not biodegradable. Because of this, rockwool has a high environmental impact. Due to increasing pressure on legislators, traders and growers to reduce the environmental impact of plant production, it is important to investigate the sustainability of current substrate cultivation. Growers therefore need affordable, renewable and, above all, enough available materials as alternative substrate. Although, little is known about whether materials can be identified that have no environmental impact and are effective as a growth medium for plants. Although, plant-based materials are often used because of the environmental benefit, therefore was examined which plant-based residues are available as a possible alternative to rockwool substrate.

This has been investigated based on literature and expertise into substrate requirements, the availability of plant residues in Europe, the practical feasibility of processing and the carbon footprint of plant residues. The materials were assessed for a few physical characteristics (bulk density, pore volume and sterility), processing application and carbon footprint. Results are compared using a multi-criteria analysis.

This research shows that plant residues of flax, elephant grass and hemp are available in enough size within Europe. It is unknown whether kenaf becomes a residual flow within Europe, because research is still ongoing. However, no information was found about how these plant residues can be used as a useful alternative substrate. Plant materials have a lower carbon footprint than inorganic materials such as rockwool, which makes the use of plant materials attractive as an alternative.

More experimental research is needed into more physical properties and processing of these plant residues, in order to get an indication of the feasibility of plant materials as an alternative growth medium for vegetable crops.

1. Inleiding

In Canada, Amerika en Europa wordt 95% van de kasgroenten geteeld op substraten zonder grond (Grunert et al., 2016). Substraat in de tuinbouw is een natuurlijke of kunstmatige bodem voor plantengroei, om gedeeltelijk of volledig zonder grond te kunnen telen (Van der Wurff et al., 2011). In Europa wordt 40% van het glastuinbouwoppervlak gekweekt op substraten (Väntsi & Kärki, 2014). Substraten worden al jarenlang gebruikt in de glastuinbouw en zijn wereldwijd steeds belangrijker geworden, omdat water en nutriënt opname door het gewas beter gecontroleerd kunnen worden (Barret et al., 2016; Grunert et al., 2016; Montesano et al., 2016). Optimale kwaliteit van een groeisubstraat is belangrijk voor een succesvolle productie, omdat dit direct invloed heeft op de beschikbaarheid van water en voedingsstoffen voor de plant (Surrage et al., 2010). Door de poreuze structuur van substraat, kan de plant met minder energie makkelijker water opnemen, in vergelijking met een grondbodem (Raviv, 2014). Hierdoor is het telen op substraten efficiënter ten opzichte van traditionele teeltsystemen met grond (Grunert et al., 2016). Een ander belangrijk voordeel van substraat is, dat er geen bodem gebonden pathogenen of ziekten uit voortkomen (El-Hanafy et al., 2018; Raviv, 2014). Dit maakt substraten voor economische doeleinden interessant en om deze redenen neemt de voorkeur voor het gebruik van substraten ten opzichte van grond, nog steeds toe (Ehret et al., 2001).

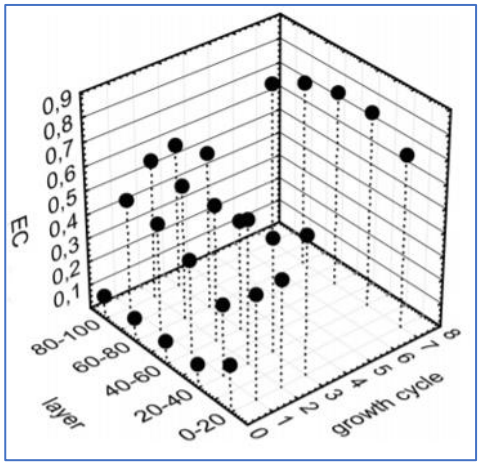
Substraat kan afkomstig zijn van organisch of anorganisch materiaal (Grunert et al., 2016). In Europa zijn de meest gebruikte bestanddelen in organisch substraat; kokosvezel en turf (Grunert et al., 2016). Organisch materiaal is geschikt als substraat, omdat het de beschikbaarheid van voedingsstoffen positief beïnvloedt en daardoor een gunstig effect heeft op de plantengroei en opbrengst (Ghoreishy et al., 2018). Kenmerken van anorganisch substraat zijn een neutrale pH, een hoog luchtgehalte en een lage dichtheid (Grunert et al., 2016). Een populair anorganisch substraat (zoals eerdergenoemd) is steenwol (Beniot and Ceusterman 1995; Dannehl et al., 2017; Shaw et al. 2004; Verhagen et al. 2013).

Steenwol, wordt op grote schaal gebruikt voor het telen van onder andere paprika, komkommer en tomaat (Dannehl et al., 2017). Steenwol is op dit moment één van de belangrijkste substraten voor de teelt van groentegewassen in de glastuinbouw door de hoge opbrengsten die op steenwol te realiseren zijn (Allaire et al., 2005; Xiong et al., 2017). Steenwol is afkomstig uit basaltgesteente dat van nature uit vulkanisch lava ontstaat (Bussell & McKennie, 2004). De vezelachtige wol wordt verwaard bij temperaturen van 1500°C, waardoor het materiaal inert wordt gemaakt (Bussell & McKennie, 2004). Hierdoor is steenwol uiterst steriel, wat een groot voordeel is vergeleken met een aantal andere substraten. Een ander voordeel is de stabiele structuur en de optimale verhouding van water en lucht (Xiong et al., 2017). Het hoge vocht vasthoudend vermogen van steenwol maakt dat mineralen opname door planten goed controleerbaar is (Bougoul & Boulard, 2006).

Echter, het productieproces van steenwol kost veel energie (Antón et al., 2010; Boulard et al., 2011). Hierdoor is de prijs van steenwol hoog, wat voor veel telers een beperkende factor is. Ook is aangetoond dat steenwol een hoge koolstofdioxide uitstoot heeft, drie tot zes keer hoger dan bijvoorbeeld kokosvezel (Boulard et al., 2011). Ongeveer 167 kg CO_2 komt vrij bij de productie van één kubieke meter steenwol (Brandhorst et al. 2012). Voor de glastuinbouw betekent dit dat er maatregelen moeten worden genomen om de uitstoot van CO_2 te verminderen en dat er moet worden geïnvesteerd in energiebesparende technologieën (Alkemade et al., 2010; Polman et al., 2017). Hiervoor is het overgangsprogramma 'Kas als bron van energie' voor 2020 in volle gang om de transitie naar een duurzame glastuinbouwsector te kunnen realiseren (Polman et al., 2017). Daarnaast is een nadeel van steenwol, dat het materiaal niet biologisch afbreekbaar is (Allaire et al., 2005). Steenwolsubstraat is geen natuurlijke hulpbron en kan daarom niet aan de natuur worden teruggegeven (Raviv, 2014). Steenwolafval is daardoor een wereldwijde zorg. De dichtheid van

steenwol is laag, waardoor afvalproblemen op stortplaatsen verergeren (Allaire et al., 2005; Raviv, 2014). Per hectare wordt ongeveer 150 m³ steenwolafval geproduceerd per jaar (Pieters et al., 1998). Naar verwachting neemt het afvalvolume van steenwol toe; tot 2,5 miljoen ton per jaar, in 27 landen van de Europese Unie (Yliniemi et al., 2018). In sommige landen zijn geen stortplaatsen beschikbaar (Bussell & McKennie, 2004). Steenwolafval wordt daardoor vaak begraven of gedumpt op een open afvalstortplaats (Hao et al., 2019; Zhou et al., 2018). Hierdoor komt steenwol in de natuur terecht, wat schadelijk is voor onder andere de ozonlaag en de menselijke gezondheid en zee- en zoetwater (Tingley et al., 2015). Volgens Europese wetgeving moet in 2020; 70% van het sloop- en bouwafval worden teruggewonnen, hergebruikt of gerecycled (Coelho & De Brito, 2013; Väntsi & Kärki, 2014). Deze afvalverordening geldt ook voor steenwol, dat niet alleen als isolatiemateriaal wordt gebruikt in de bouw, maar ook veel gebruikt wordt in de tuinbouwsector als substraat (Bussell & McKennie, 2004).

Daarnaast leidt het gebruik van steenwolsubstraat tot bodemvervuiling in openteeltsystemen (een techniek zonder recirculatie van water en meststoffen). Hierdoor lekt overtollige nutriëntenoplossing uit het substraat de grond in, waardoor hoge ionenconcentraties zorgen voor bodemvervuiling rondom kassen. Uit onderzoek van Breś en Politycka (2016) blijkt dat kasbodems een 60 keer hoger stikstofgehalte, 3 keer hoger fosforgehalte en een 15 keer hoger kaliumgehalte hebben dan grondbodems naast de kas. Na meerdere groeiseizoenen spoelen nutriënten uit naar diepere bodemlagen en stapelen daar op (zie figuur 1). Het gebruik van steenwol substraat in de glastuinbouw neemt nog steeds toe (Raviv, 2014). Kortom, het gebruik van steenwol (Breś en Politycka, 2016), de steenwolproductie en de verwijdering van dit substraat hebben een hoge milieu-impact (Bussell & McKennie, 2004; Dannehl et al., 2017; Di Lorenzo et al., 2013).



Figuur 1 Samenhang tussen EC mS/cm, diepte bodembemonstering (cm) en groeiseizoen vooraf en 1 t/m 7 na groeicycli (Brés & Politycka, 2016).

De gevolgen bij het gebruik van steenwol zijn de redenen dat de eerdergenoemde Europese afvalverordening geldt voor steenwol. Door een toenemende druk op wetgevers, handelaren en telers om de milieubelasting van de plantaardige productie te verminderen; is het van belang dat onderzoek wordt gedaan naar het verduurzamen van de huidige substratenteelt (Barret et al., 2016; Xiong et al., 2017). Telers in de glastuinbouw hebben behoefte aan betaalbare, hernieuwbare en vooral voldoende beschikbare materialen met als doel het gebruik van steenwolsubstraat te kunnen verminderen (Allaire et al., 2005; Bussell & McKennie, 2004). Daarnaast zijn afvalverwerking, CO_2-reductie en bodemherstel de Europese, landelijke en regionale richtlijnen, waaraan in 2030 moet worden voldaan gezien de Europese wetgeving (Rijksoverheid, 2019). Hiermee kan worden benadrukt dat onderzoek naar alternatieven voor steenwolsubstraat belangrijk is voor telers, die zich uiteindelijk hebben te houden aan de wetten en regels.

Menig studies hebben aangetoond dat er milieuvriendelijkere componenten als alternatief voor steenwol kunnen worden gebruikt (Mazuela et al., 2012). Houtvezels zijn al met succes gebruikt (Allaire et al., 2005; Gruda & Schnitzler, 2004; Surrage et al., 2010). Voor de biologische tuinbouw kunnen perliet, vermiculiet, compost, pijnboomschors en kokosnoot vezels worden gebruikt als componenten in groeimedia (Surrage et al., 2010). Hoewel deze substanties gunstige eigenschappen hebben voor plantengroei, is geen hiervan geschikt als enig bestanddeel (Surrage et al., 2010). Kokosvezels en perliet worden met een verhouding van 1:1 gebruikt in Iran, maar worden op dit

moment geïmporteerd vanuit Oost-Azië en Europa, waardoor deze materialen duur zijn (Ghoreishy et al., 2018). De vereiste energie betreffende transport van kokosvezel ligt hierdoor hoog en gaat gepaard met een hoge koolstofvoetafdruk (Boulard et al., 2011). In de studie van Bussell en McKennie (2004) staat omschreven dat steenwol in Nieuw-Zeeland mogelijk kan worden hergebruikt, zodat afval kan worden gescheiden en bruikbaar granulaat kan worden gebruikt als compost materiaal. Desondanks zijn er redenen om niet te kiezen voor hergebruik van substraten, omdat dit een risico is voor de overdracht van pathogenen (Raviv, 2014). Volgens Reddy en Crohn (2018) kan steenwol met stoom opnieuw worden gesteriliseerd, maar verliest het daardoor wel structuur. Daarnaast kan hergebruik leiden tot stikstof immobilisatie en minder opgelost zuurstof in de rhizosfeer, doordat chemische kenmerken kunnen veranderen na verloop van tijd (Raviv, 2014). Hoewel hergebruik van steenwol al veel voorkomt, belandt het uiteindelijk alsnog op de stortplaatsen (Reddy & Crohn, 2018). Met name voor de eindgebruiker is het recyclen van steenwol een financiële last (Raviv, 2014). Het energieverbruik door recycling verhoogt de steenwolproductie, wat recyclen een dure oplossing maakt en economisch niet rendabel (Honic et al., 2019; Pieters et al., 1998). Bovendien wordt bij hergebruik nog geen rekening gehouden met emissies, wat hergebruik van een afvalproduct nog niet per se duurzaam maakt (Smits & Linderhof, 2015). De meeste alternatieve materialen zijn op milieuvriendelijkheid beoordeeld, maar zijn nog te weinig bestudeerd op economisch gericht vlak en functionaliteit (Xiong et al., 2017). Kortom, op dit moment zijn er al meerdere plantaardige substraten in omloop, die goed zijn voor de plantengroei, maar waarvan de winning of recycling nog niet per se milieuvriendelijker is en de toepassing op grote schaal nog niet gerealiseerd wordt door de tuinbouwsector (Barrett et al., 2016; Pieters et al., 1998; Xiong et al., 2017). Hier wordt uit opgemaakt, dat juist een combinatie van verschillende factoren uiteindelijk bepalen of alternatieve materialen geschikt zijn voor duurzaam gebruik.

Een ander cruciaal aspect om de ecologische duurzaamheid van substratenteelt te verbeteren is de keuze van het groeimedium (Grunert et al., 2016). Het opnemen van nieuwe, ecologisch duurzame en hernieuwbare materialen in substraten is een uitdaging, maar biedt ook een belangrijke kans (Xiong et al., 2017). Door een restproduct in te zetten als grondstof neemt de hoeveelheid restafval en het gebruik van primaire grondstoffen af (Smits & Linderhof, 2015). Als de hoeveelheid restafval én emissies worden beperkt door middel van kringlopen, dan ontstaat een duurzame productie (Smits & Linderhof, 2015). Daarnaast is de inkoop van restmateriaal vaak goedkoop (Food Cabinet, 2016). Echter, door de bewerkelijkheid en arbeidsintensiteit van het productieproces is standaardisatie ingewikkeld, waardoor het moeilijk is om een lage prijs te behouden (Food Cabinet, 2016). Dit maakt 'schaalbaarheid' een minstens net zo belangrijke factor, omdat dit van invloed is op de mate van efficiënt gebruik (Kennedy et al., 2015). Kleine bedrijven (met maximaal dertig werknemers) hebben op jaarbasis vaak niet meer dan tien ton tot enkele tientallen tonnen restmateriaal (Welink, 2015). Met deze kleinschalige reststromen kan vaak onvoldoende impact worden gerealiseerd om het totale grondstoffengebruik te reduceren (Rijksoverheid, 2018). Bedrijven met meer dan dertig werknemers hebben op jaarbasis vaak reststromen van minstens honderden tonnen (Welink, 2015). Met reststromen van deze omvang is het vaak wel mogelijk om die impact te realiseren (Food Cabinet, 2016). Hierdoor is één van de grootste uitdagingen: schaalniveau behalen door volume, waarmee economische kringlopen kunnen worden gesloten en de prijs laag kan worden gehouden (ABN-AMRO, 2017; Food Cabinet, 2016). Het minimaliseren van afval, verbeteren van productiviteit, het gebruik van hernieuwbare bronnen en het verbeteren van de efficiëntie van plantaardige productie; spelen daarom een belangrijke rol voor het realiseren van 'groene economie' (Xiong et al., 2017).

Materialen van plantaardige oorsprong zijn veel als reststromen beschikbaar. De glastuinbouw in Zuidoost Spanje bijvoorbeeld, regenereert ongeveer 1.000.000 ton vaste stof plantaardig afval per jaar (Mazuela et al., 2012). Meerdere ketens waarin plantaardige reststromen voorkomen zijn onder

andere in natuurbeheer en de land- en bosbouw ketens (Derkx & Baltissen, 2014). Vezels van plantaardig materiaal worden op dit moment hoofdzakelijk gebruikt in composietmaterialen als vervanger van synthetische vezels (gemaakt uit aardolie), vanwege het milieuvoordeel (Ramamoorthy et al., 2015).

Desondanks, worden plantenvezels in andere sectoren nog niet op grote schaal toegepast door gebrek aan informatie (Ramamoorthy et al., 2015). Het is nog onbekend of er materialen geïdentificeerd kunnen worden die geen belasting hebben op het milieu én effectief zijn als groeimedium voor planten (Xiong et al., 2017). Gezien het milieuvoordeel van plantaardige materialen zou het interessant kunnen zijn om plantaardige reststromen als alternatief substraat te gebruiken, ter verduurzaming van steenwolsubstraat. Dit onderzoek heeft als doel te omschrijven welke schaalbare plantaardige reststromen beschikbaar zijn als mogelijk alternatief voor steenwolsubstraat.

1.1 Hoofd- en deelvragen

De onderzoeksvraag luidt: ***In hoeverre kunnen schaalbare plantaardige reststromen worden toegepast als alternatief substraat om het gebruik van steenwol te kunnen reduceren in de Europese groententeelt?***

Deelvragen:

1. Aan welke eisen moet een alternatief substraat voldoen voor de groei van groentegewassen?
2. Welke schaalbare plantaardige reststromen zijn beschikbaar binnen Europa?
3. Wat is de praktische haalbaarheid van plantaardige reststromen als alternatief substraat om met een lage milieu-impact groentegewassen te kunnen telen?

Met de uitkomsten van dit onderzoek wordt verwacht een bijdrage te kunnen leveren aan het verduurzamen van de substratenteelt in de glastuinbouw in Europa. Dit is interessant voor (met name) groentetelers, omdat die hoofdzakelijk steenwolsubstraat gebruiken. Daarnaast is het bruikbaar voor bedrijven die met plantaardige reststromen kampen, om te lezen welke reststromen een nuttige bijdrage zouden kunnen leveren aan de substratenteelt.

1.2 Afbakening

Plantaardige reststromen

De focus in dit literatuuronderzoek is gericht zijn op plantaardige reststromen. Hiervoor is gezocht naar plantaardige reststromen die binnen Europa beschikbaar zijn. Reststromen met anorganische bestanddelen zullen buiten beschouwing worden gelaten. Steenwolsubstraat kan als vergelijking met geschikte alternatieve plantaardige reststromen wel worden benoemd.

Toepassing als alternatief substraat

Onder 'toepassing' wordt verstaan de mate waarin een plantaardige reststroom kan worden gebruikt als alternatief materiaal voor de substratenteelt. Hiervoor ligt de onderzoek focus op de schaalbaarheid van beschikbare plantaardige reststromen en de mate waaraan die reststromen kunnen voldoen aan de substraatwensen van de plant. Er is niet specifiek ingegaan op de substraatwensen van één bepaald gewas, maar op fysische substraateigenschappen die groentegewassen in het algemeen wensen. Ook is niet ingegaan op technische toepassingen van plantaardige reststromen, zoals nieuwe teelt-strategie en techniek.

Praktische haalbaarheid

De praktische haalbaarheid van plantaardige reststromen gaat over: of en hoe plantaardige reststromen te verwerken zijn tot een bruikbaar substraat, om met een lage milieu-impact groentegewassen te kunnen telen.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 staat omschreven hoe er informatie verzameld is voor dit onderzoek en hoe de informatie is verwerkt. Hoofdstuk 3 bevat de resultaten van het onderzoek die per deelvraag worden omschreven. In hoofdstuk 4 staat de methodologie bekritiseerd, de resultaten geïnterpreteerd en de mate waarin de resultaten betekenisgeven bediscussieerd. In hoofdstuk 5 wordt antwoord gegeven op de hoofdvraag en deelvragen, daarnaast zijn aanbevelingen voor verder onderzoek gegeven.

2. Onderzoeksmethodologie

Dit hoofdstuk omschrijft de methode van informatieverzameling van zowel literatuur als de verkregen praktijkkennis. Daarnaast wordt in dit hoofdstuk uitgelegd hoe verzamelde informatie werd verwerkt en geanalyseerd.

2.1 Onderzoeksopzet

Om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag met bijbehorende deelvragen, was vooral informatie nodig over plantaardige materialen die een reststroom zijn. Over plantaardige materialen was al informatie te vinden in literatuur, daarom is gekozen voor een wetenschappelijk literatuuronderzoek in combinatie met imput verkregen vanuit het bedrijfsleven.

2.2 Methode dataverzameling

2.2.1 Literatuur

Om informatie te verzamelen over het onderwerp, werd naar zowel wetenschappelijke als niet-wetenschappelijke literatuur gezocht.

Voor wetenschappelijke literatuur werd gezocht op internet via verschillende zoekplatvormen zoals, 'Google Scholar', 'Springer', 'Wiley' en 'Science Direct'. Verschillende zoektermen werden in het Engels gebruikt, om meer geschikte literatuur te kunnen vinden. Om meer specifieke informatie te vinden over het onderwerp werden meerdere zoektermen achter elkaar gezet. Daarnaast werden bibliografieën van gevonden artikelen doorgenomen, omdat deze bronnen gerichte informatie bevatten over het onderwerp.

Niet-wetenschappelijke informatie, dat wel relevant was voor dit onderzoek, doordat het de actualiteit van het onderwerp omschreef bijvoorbeeld, werd ook gebruikt in deze literatuurstudie. Hiervoor werd gezocht via Google naar websites, artikelen, nieuwsberichten, verslagen over plantaardige reststromen en informatie over alternatieve substraten.

2.2.2 Praktijkkennis vanuit het bedrijfsleven

Als aanvulling van de gevonden wetenschappelijke literatuur werd gebruik gemaakt van praktijkkennis vanuit het bedrijfsleven, om informatie uit de wetenschap te combineren met de kennis van organisaties. Organisaties zijn benaderd met als doel informatie met elkaar te kunnen delen en om verkregen informatie van organisaties te gebruiken als toetsing van de gevonden informatie uit literatuur (en andersom). Hiervoor werden gesprekken gevoerd met verschillende organisaties om praktijkgerichte informatie te verzamelen en vragen gesteld. Er is gebruik gemaakt van het netwerk van The Green East, waarmee een beginnende selectie werd gemaakt van organisaties die interessant leken om te benaderen. Organisaties werden geselecteerd om te benaderen als deze tenminste kennis hadden over: plantaardige reststromen of het verwaarden van reststromen of de randvoorwaarden van substraten voor de teelt van groentegewassen of organisaties die met een plantaardige reststroom kampen. Organisaties die op dat moment bezig waren met deze onderwerpen of hiermee bezig zijn geweest, waren geschikt. Dit onderzoek is gericht op Europese schaal, daarom werden zowel nationaal als internationale bedrijven benaderd. Eerste instantie werd ingezet op het benaderen van verschillende type bedrijven, waarvan tenminste één substraatleverancier, één reststroomleverancier en één innovatief bedrijf dat in de tuinbouwsector een stap heeft gemaakt naar 'biobased'. Hiermee is gepoogd een globale indicatie te krijgen van wat erin praktijkkennis bekend is over het onderwerp.

De volgende bedrijven zijn benaderd:
- **Maan Bio Based Products** (Internationaal bedrijf, heeft stap gemaakt naar 'biobased')
- **Klasmann-Deilmann** (Internationale substratenleverancier)
- **Vitro Plus** (Beschikt over plantaardige reststroom)

Met de contactpersoon van een organisatie is een gesprek ('face to face'), een telefonisch gesprek of emailcontact geweest waarin informatie werd uitgewisseld, hiervan werd de informatie-uitwisseling schriftelijk uitgewerkt (zie bijlage V, VI en VII). Om een informatief gesprek opgang te krijgen, werd begonnen met het stellen van drie open vragen, waarna op de beantwoording daarvan, verder werd doorgevraagd. De vragen die aan elke respondent werden gesteld waren:

- Welke plantaardige reststromen binnen Europa zijn bij u bekend?
- Zou u meer kunnen vertellen over... (de herkomst van de reststroom/winning/bestanddelen etc.)
- Welke bedrijven hebben op dit moment een plantaardige reststroom in de glastuinbouw/akkerbouw of andere ketens?

Alleen de drie bovenstaande bedrijven werden benaderd. Via Rob van der Meer van Maan Biobased Products, werd ook informatie verkregen over andere bedrijven, namelijk 'Hempflax' (hennepproducent) en 'Rendocan' (cannabisproducent). Deze bedrijven zijn niet benaderd, omdat dit niet paste in de beschikbare tijd van dit onderzoek. Daarnaast paste het niet om nog een plantaardige reststroom te gaan onderzoeken (zoals cannabis), daarom werd ervoor gekozen om geen verdiepingsslag te maken naar cannabis. Via de website van Hempflax werd naar meer informatie gezocht, dat gebruikt werd voor dit onderzoek.

Naar aanleiding van het telefonisch gesprek met Sjors Beijer van Klassmann-Deilmann, werd meer informatie verkregen over een ander bedrijf genaamd 'Newfoss'. Via de website van Newfoss werd naar meer informatie gezocht, dat gebruikt is in dit onderzoek.

2.3 Criteria voor het gebruik van informatie

In dit literatuuronderzoek werd zoveel mogelijk wetenschappelijke literatuur gebruikt, maar bevat ook niet-wetenschappelijke informatie. Om voldoende inhoudelijke diepgang te realiseren, werden zowel nationale als internationale artikelen gebruikt. Er werd gestreefd om zoveel mogelijk relevante informatie te verzamelen dat inhoudelijk betrouwbaar is en een hoog waarheidsgehalte heeft voor het beantwoorden van de deelvragen en hoofdvraag. Om de validiteit van de gevonden informatie hoog te houden zijn selectiecriteria opgesteld waarmee werd bepaald of de informatie werd gebruikt of niet. Tijdens het verzamelen van informatie werd rekening gehouden met de volgende criteria:

- ✓ Informatie wordt gebruikt als deze relevant is om de deelvragen en hoofdvraag mee te kunnen beantwoorden.
- ✓ Er zal voornamelijk naar bronnen worden gezocht die niet ouder zijn dan 10 jaar.
- ✓ Een bron die tenminste 10 keer is geciteerd (peer-reviewd) heeft de voorkeur
- ✓ Als een zeer recente bron (die wellicht minder vaak geciteerd zijn) met relevante informatie wordt gevonden, wordt die bron ook gebruikt.

Daarnaast werd rekening gehouden met de bronnenlijstcriteria die omschreven staat in het modulewerkboek van de Aeres Hogeschool Almere:

- ✓ **Er zullen tenminste 10 peer-reviewd bronnen worden gebruikt**.
  Bronnen worden gezien als 'peer-reviewd', als deze afkomstig zijn uit: artikelen uit tijdschriften (refereed), rapporten van onderzoeksinstituten zoals (WUR en Milieudefensie), PhD proefschriften, proefschriften van wetenschappelijke conferenties, boek (hoofdstuk) door meerdere auteurs geschreven en met bronverwijzingen voorzien.
- ✓ **Andere betrouwbare bronnen die kunnen worden gebruikt, maar als 'niet- peer-reviewd worden gezien zijn:** vaktijdschriften, handboeken van methoden of technieken, publicaties van overheidsinstellingen (Eurostat of CBS), rapporten van erkende instellingen en organisaties (FAO of WHO).

- ✓ **Bronnen die niet zullen worden gebruikt:** BSc en MSc werkstukken, boeken zonder bronverwijzingen, dictaten, opiniestukken / krantenartikelen (wel bruikbaar om relevantie en/of context te beschrijven, websites (uitsluitend voor context beschrijving).

Een overzicht van bronnen die gebruikt zijn in het resultatenhoofdstuk zijn weergegeven in een referentiematrix (zie bijlage IV), waarin het aantal citaten zijn weergegeven en vermeld staat of een bron niet ouder is dan 10 jaar.

2.4 Methodologie per deelvraag

Om een antwoord te kunnen geven op de hoofdvraag, werden eerst alle deelvragen beantwoord. De informatieverzameling van deelvraag 1 betreffende substraateisen voor de groei van planten is eerst volledig uitgewerkt. Daarna werd gezocht naar beschikbare plantaardige reststromen binnen Europa, waarbij de schaalbaarheid altijd centraal stond (deelvraag 2). Met behulp van de verkregen informatie van deelvraag 1 werden selectiecriteria opgesteld voor de gevonden plantaardige reststromen van deelvraag 2, om de praktische haalbaarheid van de plantaardige reststromen te beoordelen bij deelvraag 3. Hiermee zijn de selectiecriteria van deelvraag 3 aangepast ten opzichte van de omschrijving in het bijbehorend vooronderzoek van dit afstudeerwerkstuk.

2.4.1 Deelvraag 1 'Aan welke eisen moet een alternatief substraat voldoen voor de groei van groentegewassen?''

De informatie om deelvraag 1 te kunnen beantwoorden, werd hoofdzakelijk verkregen uit literatuur. Zowel wetenschappelijk als relevante niet-wetenschappelijke literatuur. Er werd gezocht naar informatie over eisen waaraan een substraat moet voldoen voor de groei van planten. Plantwensen voor substraat zijn gewasafhankelijk (RHP, 2016-d), daarom werd niet gezocht naar een speciek gewas. Om een substraat te kunnen gebruiken voor de teelt van groentegewassen, zijn belangrijke kenmerken die gecontroleerd worden (RHP, 2016-c), die eisen werden omschreven.

De volgende zoektermen zijn gebruikt: *substrate requirements for greenhouse horticulture, substrate requirements of vegetable crops, water absorption capacity of vegetable fibers, density of vegetable fibers, material absorption capacity, risk of diseases, sterility etc.*

Daarnaast werd voor deze deelvraag expertise gebruikt. Alle drie de eerdergenoemde bedrijven werden benaderd met vragen over eisen waaraan substraten moeten voldoen. De verzamelde informatie uit literatuur en de verkregen kennis uit het bedrijfsleven is samengevat in het resultatenhoofdstuk.

2.4.2 Deelvraag 2 ''Welke schaalbare plantaardige reststromen zijn beschikbaar binnen Europa?''

Voor deze deelvraag werd hoofdzakelijk vanuit literatuur informatie verzameld over plantaardige reststromen die beschikbaar zijn binnen Europa (tot een maximum van 5 reststromen). Om deelvraag 2 te kunnen beantwoorden werd in literatuur gezocht naar beschikbare plantaardige reststromen, waarin de schaalbaarheid centraal stond. De schaalbaarheid is van belang, omdat voldoende materiaal bepalend is voor het kunnen opschalen naar Europese beschikbaarheid, wat medebepalend is om reststromen te kunnen gebruiken.

De volgende zoektermen zijn gebruikt: *organic residual material, remains of plant material, residual organic flows, vegetable residual material in Europe, residuals in horticulture for alternative substrate, residuals in agriculture, plant residuals in agriculture, structure-rich cuttings plant origin in nature management as a residual stream, residue plant natural fiber waste in agriculture in Europe, natural fiber waste in agriculture in Europe*.
Wanneer een geschikt plantaardig materiaal werd gevonden, werd daarop doorgezocht met zoektermen zoals: *flax fiber availability in ton in Europe, flax availability in Europe ton, plant residue with interesting fiber, kenaf fiber by-product in agriculture, flax as a primary and by-product in agriculture, primary and secondary flax production in Europe, primary and secondary flax production in ton per year in Europe,*

residual flax in ton per year in Europe, residual grass ton per year in Europe, flax waste in agriculture, hemp production in Europe.

Daarnaast werd voor deze deelvraag ook gebruik gemaakt van praktijkkennis, hiervoor werden alle drie de eerdergenoemde bedrijven benaderd met vragen over welke plantaardige reststromen er beschikbaar zijn binnen Europa.

2.4.3 Deelvraag 3 ''Wat is de praktische haalbaarheid van plantaardige reststromen als alternatief substraat om met een lage milieu-impact groentegewassen te kunnen telen?''

Voor het beantwoorden van deelvraag 3 werd ook literatuur gebruikt, zoveel mogelijk wetenschappelijk en relevante niet-wetenschappelijke literatuur. Er werd naar informatie gezocht over enkele fysische eigenschappen van het plantaardig materiaal, zoals de bulkdichtheid en het poriënvolume, om een indicatie te krijgen of een plantaardige reststroom zich leent voor de fysische substraateigenschappen die planten in het algemeen wensen. Een indicatie voor het risico op ziekten is gebaseerd op de mate waarin substraatmateriaal schoon is (RHP, 2016-d). Hiervoor werd naar informatie gezocht over de steriliteit van de materialen van plantaardige oorsprong.

Daarnaast werd naar informatie over de gevonden plantaardige reststromen gezocht, gericht op de verwerkingsmogelijkheden van de plantaardige reststromen tot een bruikbaar substraat. Daarnaast werd naar informatie gezocht over de CO2-voetafdruk van de plantaardige reststroommaterialen.

De volgende zoektermen zijn gebruikt: *processing of plant material into usable fibers / structure / sustrate / mulch / growmedia, flax/kenaf/miscanthus/hemp use in growmedia for plants, carbonfootprint of flax/kenaf/hemp/miscanthus, carbon absorption of natural fibers, organic and anorganic carbon footprint emmisions, etc.*

Ook voor deze deelvraag werd gebruik gemaakt van praktijkkennis vanuit het bedrijfsleven. Alle drie de eerdergenoemde bedrijven werden benaderd met vragen over verwerkingstoepassingen voor plantaardige reststromen. De verzamelde informatie uit literatuur en de verkregen kennis vanuit het bedrijfsleven is samengevat in het resultatenhoofdstuk.

2.5 Methode data-analyse

De samengevatte informatieverzameling van deelvraag 1, 2 en 3 werden met behulp van een 'Multi criteria-analyse' geanalyseerd. Een Multicriteria analyse (MCA) is een wetenschappelijke evaluatiemethode, met als doel om gegevens te ordenen en transparant te maken, om een weloverwogen keuze te kunnen maken tussen allerlei alternatieven (Huis, 2009).

Per deelvraag werden verschillende nominale criteria opgesteld. Een overzicht van alle criteria per deelvraag staat weergegeven in de effectentabel (zie bijlage II). Voor ieder criterium staan bijbehorende scores omschreven, waarmee in verschillende gradaties de mate van zwakte of sterkte werd aangegeven. Gezien het feit dat de criteria verschillende meet eenheden hadden, werden scores van -1 tot en met 3 worden toegekend. Een hogere score betekent dat een alternatief beter scoort op dat criterium, dan een alternatief met een lagere score. Indien er geen informatie werd gevonden voor een bepaald criterium, werd een '0' toegekend. Vervolgens werden alle scores per criterium bij elkaar opgeteld, om een totaalscore van meerdere diverse criteria te krijgen. Er kan een maximum totaalscore van 13 punten worden behaald, dit wordt gezien als de meest ideale situatie.

2.5.1 Informatieverwerking deelvraag 1

Op basis van de verkregen informatie van deelvraag 1 betreffende werden selectiecriteria opgesteld voor de gevonden plantaardige reststromen (deelvraag 2). Er werd opgemerkt dat de plantaardige reststromen die op grote schaal beschikbaar waren, weinig voorkwamen in studies met betrekking tot de plantensector en substraatsector of andere dergelijke studies voor de glastuinbouw. Om deze

reden zijn de selectiecriteria betreffende de praktische haalbaarheid (deelvraag 3), aangepast ten opzichte van het bijbehorend vooronderzoek. Er werd gekozen om enkele fysische kenmerken op te nemen waarover informatie kon worden gevonden. De bulkdichtheid, het poriënvolume en steriliteit werden gekozen. Daarnaast is gekozen om de plantaardige reststromen te beoordelen op de verwerkingstoepassing en de CO_2-voetafdruk. Al deze criteria worden verder uitgelegd bij de informatieverwerking van deelvraag 3 (zie paragraaf 2.5.3).

2.5.2 Informatieverwerking deelvraag 2

Plantaardige reststromen of materialen van plantaardige oorspong, die van grote omvang beschikbaar zijn binnen Europa of waarnaar onderzoek gaande is om het te gaan produceren in Europa werden meegenomen in dit onderzoek.

De informatieverzameling van deelvraag 2; over de schaalbaarheid van beschikbare plantaardige reststromen binnen Europa werd onderverdeeld in twee categorieën. Continuïteit en hoeveelheid, omdat de beschikbaarheid van een materialenstroom hierdoor medebepaald wordt.

Uit eerdere omschrijving blijkt dat een continue toename van het gebruik van grondloze substraten in de wereldwijde productie van kasgroente te zien was (Dannehl et al., 2017). Door continue levering kan zekerheid worden gecreëerd aan de verwerkende industriële sectoren (Van der Vorst, 2011). Hierdoor werd de continuïteit van beschikbaarheid als een belangrijke factor gezien, om ook de gevonden plantaardige reststromen op te beoordelen.

De informatieverzameling betreffende de continuïteit van beschikbare plantaardige reststromen werd onderverdeeld in: uitputtend, onregelmatigheid/seizoen afhankelijk en continue beschikbaar. De volgende criteria werd gebruikt om de gevonden informatie over de continuïteit van de beschikbare plantaardige reststromen te beoordelen:

Continuïteit
0 = Onbekend (wanneer geen informatie werd gevonden)
1 = Aflopend/uitputtend: wel beschikbaar, maar niet op langer termijn (van meer dan een jaar)
2 = Onregelmatig/Seizoen afhankelijk: minder dan 2 keer per jaar beschikbaar in afwisselende tijd/enkele keren per jaar beschikbaar
3 = Continue beschikbaar: gedurende het hele jaar beschikbaar en op langer termijn

Wanneer geen informatie werd gevonden, werd dit beoordeeld met een score ‘0’. Wanneer een plant aardige reststroom wel beschikbaar was, maar op de langer termijn aflopend/uitputtend is, kreeg deze een score ‘1’. Als de beschikbaarheid afhankelijk was van een seizoen of onregelmatig beschikbaar was om andere redenen, kreeg het een score van ‘2’. Wanneer een reststroom gedurende het hele jaar beschikbaar was, kreeg het een score van ‘3’.

De informatieverzameling over de hoeveelheid van de beschikbare plantaardige reststromen werd verdeeld in verschillende categorieën uitgedrukt in de massa eenheid ton per jaar, waaraan een score werd gegeven. Zoals vooraf benoemt (in de inleiding) door de Rijksoverheid (2018), kunnen reststromen van minder dan tien ton per jaar weinig impact realiseren en kunnen reststromen vanaf enkele tientallen tonnen tot enkele honderden tonnen per jaar wel impact realiseren. Op basis van deze informatie werd gekozen voor de volgende score verdeling:

Hoeveelheid
0 = onbekend
1 = < 10 ton per jaar
2 = 10.000 – 100.000 ton per jaar
3 = > 100.000 ton per jaar

Wanneer geen informatie werd gevonden, werd dit beoordeeld met een score ‘0’. Een reststroom kleiner dan 10 ton op jaarbasis kreeg een score ‘1’. Een reststroom van 10.000-100.000 ton per jaar kreeg een score van ‘2’. Een reststroom die op jaarbasis groter was dan 100.000 ton kreeg een score van ‘3’.

2.5.3 Informatieverwerking deelvraag 3

Organische substraten moeten voldoen aan bepaalde fysische en chemische eigenschappen en vrij zijn van pathogenen, om geschikt te zijn als groeimedium voor planten (Burnett et al., 2016). Om een indicatie te krijgen over de compactheid van de gevonden plantaardige materialen, werd gezocht naar de bulkdichtheid van het materiaal. Om een indicatie te krijgen over het maximaal aan met vocht of lucht gevulde poriën, werd naar informatie opgezocht over het poriënvolume. Daarnaast werd naar informatie gezocht over het risico op pathogenen of dat het materiaal pathogenen vrij kan worden verkregen of niet, onder de noemer ‘steriliteit’.

Bulkdichtheid

De bulkdichtheid (uitgedrukt in kg/m³), geeft aan hoeveel 1m³ droog materiaal weegt, waarbij het volume is afgepast op gestandaardiseerde wijze (Aendekerk et al., z.d.). ‘’Bulkdichtheid zegt iets over de eigenschappen van het materiaal en is één van de parameters waarnaar wordt gekeken.’’ (Sjors Beijer, persoonlijke communicatie, 31 mei 2019).

Wanneer geen informatie werd gevonden, werd dit beoordeeld met een score ‘0’. Als de bulkdichtheid van het gevonden plantaardig materiaal bekend was, maar niet overeenkomstig was met de refererende substraten zoals steenwol of andere organisch materiaal (zie bijlage III), dan kreeg het een score van ‘1’. Als de bulkdichtheid van het gevonden plantaardig materiaal bekend was en overeenkomstig was met de refererende substraten zoals steenwol of andere organisch materiaal (zie bijlage III), dan kreeg het een score van ‘2’.

Poriënvolume

‘’Het poriënvolume bepaalt hoeveel water het substraat maximaal kan bevatten.’’ (Kipp & Wever, 1993, p. 11). Afhankelijk van de grootte van de poriën, zijn poriën gevuld met water of lucht (Iperen, 2018).

Wanneer geen informatie werd gevonden, werd dit beoordeeld met een score ‘0’. Als het poriënvolume van het gevonden plantaardig materiaal bekend was, maar niet overeenkomstig was met de refererende substraten zoals steenwol of andere organisch materiaal (zie bijlage III), dan kreeg het een score van ‘1’. Als het poriënvolume van het gevonden plantaardig materiaal bekend was en overeenkomstig was met de refererende substraten zoals steenwol of andere organisch materiaal (zie bijlage III), dan kreeg het een score van ‘2’.

Steriliteit

Onder de noemer ‘steriliteit’ werd gezocht of de gevonden plantaardige reststroom materialen vrij zijn van pathogenen of dat er een risico was op ziekten.

Wanneer geen informatie werd gevonden, werd dit beoordeeld met een score ‘0’. Een plantaardige reststroom dat niet vrij was van pathogenen of enigszins een risico had op het bevatten van pathogenen, kreeg een score van ‘-1’. Als het materiaal van de plantaardige reststroom vrij was van pathogenen kreeg het de score ‘1’.

Daarnaast werd de informatieverzameling van deelvraag 3, betreffende de praktische haalbaarheid van plantaardige reststromen als bruikbaar groeimedium voor planten, beoordeeld op het verwerken van het plantaardige reststroommateriaal tot bruikbaar substraat. Dit kan bijvoorbeeld een

bewerkingsstap zijn dat plantaardig materiaal pathogenen vrij maakt (door bijvoorbeeld verhitting of stoom). Daarnaast werd de CO_2-voetafdruk van de plantaardige reststroom materialen beoordeeld.

Verwerkingstoepassing
Wanneer geen informatie werd gevonden, werd dit beoordeeld met een score '0'. Een plantaardige reststroom waarvan het materiaal niet kon worden verwerkt tot een bruikbaar bestanddeel voor substraat kreeg een score van '-1'. Als het materiaal van de plantaardige reststroom wel kon worden verwerkt tot een substraat kreeg het de score '1'.

CO_2-voetafdruk
Wanneer geen informatie werd gevonden, werd dit beoordeeld met een score '0'. Wanneer een plantaardige reststroom een hogere CO_2-voetafdruk had dan steenwol, werd een score van '-1' toegekend. Als een plantaardige reststroom een lagere CO_2-voetafdruk had dan steenwol, kreeg het de score '1'

2.6 Beantwoording van de hoofdvraag

De totaalscore in de MCA-tabel werd gebruikt om de mate waarin plantaardige reststromen geschikt zijn op verschillende diverse criteria te beoordelen. Met de uitkomsten van de MCA-tabel werd een antwoord geformuleerd op de vraag in hoeverre plantaardige reststromen kunnen worden toegepast als alternatief substraat ter verduurzaming van steenwolsubstraat.

3. Resultaten

In dit hoofdstuk staan de resultaten verkregen uit literatuur en kennis uit de praktijk samengevat per deelvraag. Beginnend met de substraat eisen voor plantengroei (deelvraag 1), gevolgd door de beschikbaarheid van plantaardige reststromen binnen Europa (deelvraag 2). Daarna wordt de praktische haalbaarheid over de verwerkingstoepassing en CO_2-voetafdruk van plantaardige reststromen omschreven (deelvraag 3). In de laatste paragraaf van dit hoofdstuk staat de totstandkoming van de Multi criteria-analyse omschreven.

3.1 Substraat eisen voor plantengroei

Aan welke eisen moet een alternatief substraat voldoen voor de groei van groentegewassen?

Een substraat heeft aan een bepaalde kwaliteitskenmerking te voldoen, om geschikt te zijn als groeimedium voor planten (RHP, 2016-d). Het is belangrijk dat een substraat vrij is van pathogenen. Daarnaast is het belangrijk dat het materiaal zuiver is, dit betekent dat er geen andere bestanddelen in het substraatmateriaal aanwezig zijn. Ook is het belangrijk een goede balans te vinden tussen het gehalte water en lucht. Substraten met een RHP-keurmerk voldoen aan deze kwaliteitseisen. Substraten in het algemeen hebben de volgende gemeenschappelijke eigenschappen:

- De structuur biedt ondersteuning aan de plant (Burnett et al., 2016; Takeuchi, 2019).
- Plantenwortels kunnen erin groeien (Takeuchi, 2019).
- Het substraatmateriaal heeft verwaarloosbare of geen effect op de pH van water (Takeuchi, 2019).
- Het substraat absorbeert water en behoud de capillaire werking (Takeuchi, 2019).
- Het substraat materiaal geeft geen cytotoxische stoffen af (Takeuchi, 2019).

De fysische kenmerken (zoals dichtheid) van substraat en de chemische samenstelling zijn van belang voor het waterabsorptie vermogen. Afhankelijk van welk materiaal kunnen bestanddelen van het substraat de mate van waterabsorptie en het watervasthoudend vermogen beïnvloeden.

Enkele materialen van plantaardige oorsprong die zijn goedgekeurd (RHP-certificaat) als bestanddeel in substraten zijn bijvoorbeeld: kokosgruis, kokosvezel en rijstkaf. Deze materialen zijn vrij van pathogenen en hebben gunstige fysische eigenschappen (Nurzyński et al., 2012). Kokosgruis is niet beschikbaar binnen Europa, maar wordt geïmporteerd vanuit het buitenland. Vanuit droge toestand vertoont kokosgruis een snelle her bevochtiging (RHP, 2016-b). Kokosvezels zijn geschikt in substraat, omdat het materiaal weinig water vasthoudt en daardoor zeer luchtig is. Hierdoor kan het gemengd worden met andere bestanddelen, om een goed gedraineerd substraat te krijgen (RHP, 2016-b). Een ander recent goedgekeurd plantaardig materiaal is rijstkaf (omhulsel van rijskorrels). Door rijstkaf te mengen in substraten neemt het luchtgehalte toe, door de holtes van de kaftjes (RHP, 2016-a).

Plantaardige vezels hebben unieke eigenschappen zoals, een goede sterkte en een lage dichtheid (Ramamoorthy et al., 2015). Bovendien zijn plantenvezels hydrofiel, dit betekent dat het een goed water absorptievermogen heeft (Célino et al., 2014; Baley et al., 2018; Ramamoorthy et al., 2015). Als hydrofiele vezels vocht absorberen veranderden fysische en chemische eigenschappen, zoals de dimensie en structuur (Célino et al., 2014).

Volgens Klassmann-Deilmann (2018) moeten zijn gewenste kenmerken voor nieuwe substraten van de toekomst, dat het groeimedium...

- een stabiele structuur heeft
- beschikbaar moet zijn op wereldwijde schaal
- recyclebaar of biologisch afbreekbaar moet zijn
- bij voorkeur arm gehalte aan zout en voedingsstoffen heeft

- een lage stikstofimmobilisatie heeft
- een hoge porositeit heeft
- een hoog waterhouden vermogen heeft
- wortelstabiliteit biedt voor planten
- materiaal licht is
- bestendig is tegen microbiële afbraak in broeikasomstandigheden
- bestanddelen bevat die vrij zijn van pathogenen, residuen en voedselveilig zijn

3.2 Beschikbaarheid van plantaardige reststromen

Welke schaalbare plantaardige reststromen zijn beschikbaar binnen Europa?

De schaalbaarheid staat centraal in deze vraag, daarom zijn de gevonden plantaardige reststromen eerste instantie (al zoekende) beoordeeld op de beschikbare hoeveelheid. Zoals eerdergenoemd in paragraaf 2.5.2 zijn plantaardige reststromen of materialen van plantaardige oorspong, die van grote omvang beschikbaar zijn binnen Europa of waarnaar onderzoek gaande is om het te gaan produceren in Europa meegenomen in dit onderzoek.

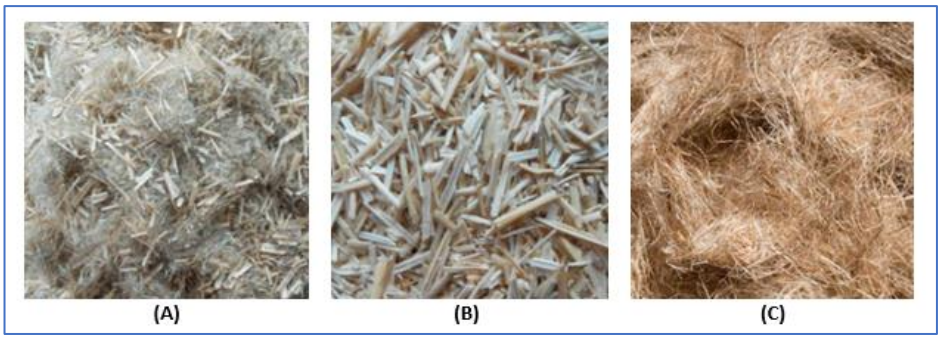
In literatuur werd als eerste vlas gevonden, dat in veel studies omschreven staat als een veelgebruikte natuurlijke vezel waarbij een reststroom vrij komt. Vlas wordt vaak samen genoemd met andere natuurlijke vezels zoals hennep en kenaf. Om deze reden is verder gezocht naar die plantaardige materialen, waarvan ook bleek dat de omvang groot was. Oliftansgras werd later in literatuur gevonden en werd gezien de omvang interessant bevonden om mee te nemen. Kenaf werd interssant bevonden door de beschikbare hoeveelheid buiten Europa en studies die aangaven onderzoek te doen naar de productie binnen Europa. Later werd door expertise verkregen dat er in de glastuinbouw veel tomatenrestanten beschikbaar zijn (Rob van der Meer, persoonlijke communicatie, 21 mei 2019). Echter, als alternatief substraatmateriaal zijn tomatenresten risicovol, vanwege ziekte en virussen overdracht. Substraattelers met groentewassen zitten hier niet op te wachten (Rob van der Meer, persoonlijke communicatie, 21 mei 2019). Een andere plantaardige reststroom die niet is meenomen in dit onderzoek, is cannabis. Zoals eerder in de materiaal en methode omschreven paste het niet in de beschikbare tijd van dit onderzoek om vijfde reststroom te kunnen opnemen.

De gevonden plantaardige reststromen die zijn meegenomen in dit onderzoek zijn: vlas, olifantsgras en hennep. Kenaf is meegenomen om de plantaardige oorsprong en de grote omvang, waarop getracht is naar informatie te zoeken of daarvan een reststroom beschikbaar komt binnen Europa.

3.2.1 Vlas reststroom

Vlasscheven zijn een bijproduct van vlas (Vandecasteele et al., 2018; Van Calker et al., 2018; Zuk et al., 2015). Vlasscheven zijn de houtachtige delen die na de verwerking van vlas tot vlasvezel als restant overblijven (Van Calker et al., 2018). Tijdens dit verwerkingsproces wordt de vlasplant verdeeld in korte vezels (de vlasscheven) en lange vezels. In de textielketen worden de lange vezels gebruikt en zijn de vlasscheven een afvalstroom (Clemons, 2010; CIVTU, z.d.; Jhala & Hall, 2010). Uit de vlasscheven (of vlasstro) kunnen ook nog vezels worden geroot, maar door dit rotingsprocess zijn deze vlasvezels vaak niet van hoogwaardige kwaliteit, waardoor die vezels niet kunnen worden gebruikt (Eberts & Kostelecky, 2018). Vlasscheven worden daarom gezien als 'afval' en worden vaak verbrand of weggegooid (Eberts & Kostelecky, 2018).

Vezels uit vlasplanten halen gebeurt machinaal. Ouagne et al. (2017) vermeldt dat vlasplanten worden gemaaid, om het geoogste plantmateriaal (zie figuur 2a) vervolgens door dezelfde machine te scheiden in korte vezels (zie figuur 2b) en lange vezels (zie figuur 2c).



Figuur 2 Vlas verwerking voor extractie (A) en na extractie gescheiden scheven (B) en vezels (C) (Ouagne et al.*, 2017).*

De vlasproductie is verdeeld in de productie van ongeveer 28% lange vezels en 51% vlasscheven (Deng et al., 2016). Vlasvezels zijn op jaarbasis in grote hoeveelheden beschikbaar in Europa, namelijk met ruim 150.000 ton vezels per jaar (80% van de wereldwijde vlasvezelproductie), waarmee Europa de grootste producent is ter wereld (Pil et al., 2016). Van Calker et al. (2018) onderzocht de beschikbaarheid van vlas in Nederland en Vlaanderen. De totale vlasproductie (vezels en scheven) op jaarbasis in Vlaanderen bedraagt 30.171 ton en in Nederland 15.215 ton. Over de totale hoeveelheid restanten op jaarbasis is bekend: Vlaanderen produceert 18.198 ton vlasscheven per jaar en Nederland produceert 9.177 ton vlasscheven per jaar (Van Calker et al., 2018). Van Calker et al., 2018 vermeldt dat het reststroomvolume van Vlaanderen en Nederland elk ongeveer 20.000 – 50.000 ton vlasscheven per jaar vertegenwoordigen (Van Calker et al., 2018).

3.2.2 Vlasplant

Vlas (zie afbeelding 1) is een natuurlijke vezel die afkomstig is van de kruidachtige plant '*Linum usitatissimum*' (Jhala & Hall, 2010). De plant is een éénjarig gewas en wordt jaarlijks geoogst (Chaudhary et al., 2016; Clemons, 2010). Het gewas is rijp na ongeveer 120-125 dagen en kan het best worden geoogst als 2/3 van de bladeren zijn afgevallen (Chaudhary et al., 2016). De vlasplant is een van de oudste cultuurgewassen die primair geteeld wordt voor vezels en oliedoeleinden (Jhala & Hall, 2010). Het gewas heeft een goed aanpassingsvermogen, want het kan worden geteeld onder zowel gematigde als subtropische omstandigheden (Foulk et al., 2010). De vlasteelt heeft weinig bemesting nodig, een laag herbiciden gebruik en er worden geen insecticiden gebruikt (Foulk et al., 2010).

Afbeelding 1 Vlasplant: Linum usitatissimum (De Beus et al.*, 2019)*

De beschikbaarheid van vlas binnen Europa is wijdverspreid (Clemons, 2010). In West-Europa (Nederland, België en Frankrijk) en Oost-Europa (Wit-Rusland, Rusland) wordt veel vlas geteeld (Baley et al., 2018). Op jaarbasis wordt in West-Europa 120.000 – 140.000 ton vlas geproduceerd (Baley et al., 2018). Ramli et al. (2018).

Sinds 2013 zijn de teeltarealen voor vlas toegenomen. Dit was 60.695 hectare in 2013, 67.032 hectare in 2014 en 79.664 hectare 2015 (Baley et al., 2018). De toenemende interesse in dit vlasteelt wordt verklaard door de brede beschikbaarheid van vlas binnen Europa, wat vlasvezel een belangrijk potentieel maakt om te gebruiken in nieuwe producten (Baley et al., 2018). Daarnaast kan het gewas machinaal worden gezaaid en geoogst, waarvoor machines al zijn ontwikkeld. Om deze redenen neemt de vraag naar vlasvezel toe, waardoor boeren voor een aantrekkelijke prijs dit gewas kunnen cultiveren (Baley et al., 2018).

3.2.3 Kenafproductie

Kenaf is een vezelgewas. Kenafvezels worden in de industriële ketens gebruikt als grondstof voor verschillende toepassingen zoals in bouwmaterialen en auto-onderdelen (Lips & van Dam, 2013). Met name in landen met een tropisch klimaat, zoals in Oost- en Zuidoost-Aziatische landen wordt kenaf actief geteeld (zie tabel 1).

Tabel 1 Wereldwijde productie van kenafvezel in tonnen, in het jaar 2003 tot en met 2010 (Kamal, 2014).

Kenaf & Allied Fibers	2003 to 2004	2004 to 2005	2005 to 2006	2006 to 2007	2007 to 2008	2008 to 2009	2009 to 2010
World	377.29	351.83	327.58	314.4	329.12	279.8	290.1
Developing countries	370.29	344.83	320.58	307.40	322.12	272.8	283.1
Far East	329.88	302.2	264.32	250.51	266.06	217.3	227.6
China	99.78	86.92	82.82	68.8	86.8	80	80
India	167	156.4	153	144	139.7	120	131.2
Indonesia	7	7	7	3.1	4	3.8	3.8
Thailand	41.33	35.66	4.6	3.6	2.2	2.9	1.8
Vietnam	12.5	14.2	15	10.6	31	8.8	9.0
Cambodia	0.65	0.65	0.65	0.83	0.85	0.3	0.3
Pakistan	1.62	1.19	1.25	1.59	1.51	1.5	1.5
Latin America	24.01	25.91	39.37	39.91	39.07	38.5	38.5
Brazil	10.5	12.65	26.1	25.95	25.66	25.1	25.1
Cuba	10	10	10	10	10	10	10
Others	3.51	3.27	3.27	3.96	3.41	3.3	3.3
Africa	12.7	13.2	13.19	13.29	13.29	13.3	13.3
Near East	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
Developed countries	7	7	7	7	7	7	7

In 2015 was de wereldproductie van kenaf een kleine 250.000 ton (Akil et al., 2011). Thailand, China en India produceren ongeveer 95% van de wereldwijde kenafproductie, terwijl andere landen een kleine bijdragen leveren. In Europa is slechts een kleine hoeveelheid geteeld in Italië (Akil et al., 2011). Momenteel wordt kenaf niet commercieel geteeld binnen Europa, maar er wordt wel onderzoek gedaan naar het produceren van kenaf in Europa en China, als bron voor duurzame producten gezien het EU-project genaamd 'FIBRA' (Alexopoulou et al., 2015). Europa en China hebben een sterke belangstelling voor vezelgewassen als hernieuwbare bron en hebben gemeenschappelijke onderzoeksactiviteiten binnen het FIBRA-project, wat op lange termijn kan leiden tot een brede betrokkenheid van belanghebbende (FIBRA, 2012). Op dit moment is onbekend of er een plantaardige reststroom van kenaf beschikbaar komt binnen Europa.

3.2.4 Kenafplant

De vezelachtige plant '*Hibiscus cannabinus*' (zie afbeelding 2), wordt ook wel 'kenaf' plant genoemd (Lips & van Dam, 2013). Het is een éénjarige kruidachtige plant die oorspronkelijk voorkomt in Afrika (Akil et al., 2011; Saba et al., 2015), waar het gewas werd gebruikt als bron van voedsel en vezels (Geurts-Jeuken & Meijer, 1988; Kamal, 2014). Kenafplanten sterk aangepast om effectief te kunnen groeien in verschillende soorten bodems (Saba et al., 2015) en klimatologische omstandigheden vergeleken met andere commercieel geteelde vezelgewassen (Akil et al., 2011). Hierdoor heeft kenaf een breed groeigebied (Akil et al., 2011). Bovendien groeit de kenafplant beter op voedselarme gronden dan andere gewassen, als de bodem maar een goede afwatering heeft (Akil et al., 2011). De kenafplant kan zich goed

Afbeelding 2 Kenafplant Hibiscus cannabinus (De Beus et al., *2019)*

handhaven in verschillende omstandigheden. De kenafplant is een taaie en sterke plant, waarmee het goed bestand is tegen insectenschade (Saba et al., 2015). Hierdoor vereist het telen van kenaf relatief lage hoeveelheden pesticiden (Saba et al., 2015) en lage hoeveelheden kunstmest (Akil et al., 2011; Saba et al., 2015).

Kenafplanten hebben een hoge groeisnelheid. Een temperatuur van 22,6 – 30,3°C en een relatieve vochtigheid van 68 – 82% zijn ideaal voor de groeiontwikkeling van kenaf (Akil et al., 2011). Onder optimale omstandigheden kan het een hoogte van 3,7 – 5,5 meter bereiken binnen 4 à 5 maanden (Low et al., 2018). Kortom, binnen 6 maanden heeft het gewas een geschikt formaat voor praktische toepassing (Akil et al., 2011).

Kenaf wordt één keer per jaar geoogst (Bourguignon et al., 2016; Islam, 2019; Paridah et al., 2017). Het is niet mogelijk om kenaf meerdere keren per jaar te oogsten, omdat de stengel niet terug groeit (Bourguignon et al., 2016). Voor de oogst van kenafplanten zijn al mechanische apparatuur ontwikkeld die de schors, het kernmateriaal en de bastvezels van het kernmateriaal kunnen scheiden (Akil et al., 2011). Het proces waarbij zachte vezels uit het houtachtige niet-vezelige kernmateriaal wordt gescheiden wordt 'roting' genoemd (Akil et al., 2011). Het rotingsproces scheidt de kenafvezels van de schors, maar in deze studie wordt niet genoemd of de schors daarmee een bijproduct is van kenaf.

3.2.5 Olifantsgras reststroom

Olifantsgras is een vezelachtig 'energie gewas'. In Europa wordt olifantsgras onder andere geteeld voor de biomassa waaruit groene energie kan worden gemaakt (Klímek et al., 2018) en voor de productie van vezels (Gismatulina & Budaeva, 2017). Echter, na de winning van cellulose blijven houtige restanten over (CIV T&U, z.d.), waardoor de productie van olifantsgras nog onvolledig wordt benut (HAN, 2016). De papierfabriek 'Van Houten' in Limburg gebruikt olifantsgras als grondstof voor hygiënepapier en heeft als doel de teelt van olifantsgras op te schalen naar 100 hectare (VNP, z.d.). De papierfabriek benoemt nog opzoek te zijn naar een bestemming voor de reststroom van olifantsgras (Keyport, 2014; Elopak, 2016). Ook de grondstoffenfabriek 'Miscancell' haalt aardolie- en cellulose vervangende grondstoffen uit olifantsgras (IKW, z.d.). Ook dit grondstofbedrijf onderzoekt of de restproducten van olifantsgras verder kunnen worden benut (IKW, z.d.). Zowel Van Houten als Miscancell benoemen niet hoe groot de beschikbare reststromen zijn. Knoef *et al.* (2012) vermeldt dat het gebied 'Het Binnenveld' (een regionaal gebied in de Gelderse Vallei) een reststroom heeft van ongeveer 75 ton per jaar, afkomstig van olifantsgras. Van Calker *et al.* (2018) vermeldt dat de Vlaanderen een restvolume van 5.000 – 10.000 ton per jaar aan olifantsgras overhoudt. Nederland heeft restvolume van 50.000 – 100.000 ton per jaar aan olifantsgras (Van Calker et al., 2018).

In Europa wordt ongeveer 38.300 hectare Miscanthus geteeld, wat een drogestof massa van 40 ton per hectare opbrengt (Klímek et al., 2018). Enkele studies vermelden dat de opbrengst van olifantsgras 15 ton drogestof per hectare per jaar is (Harmsen & Bos, 2010; Van der Voort et al., 2008). Een meer recente studie van Van Kerckvoorde en Van Reeth (2014) vermeldt dat olifantsgras een opbrengst van 16 ton drogestof per hectare per jaar heeft.

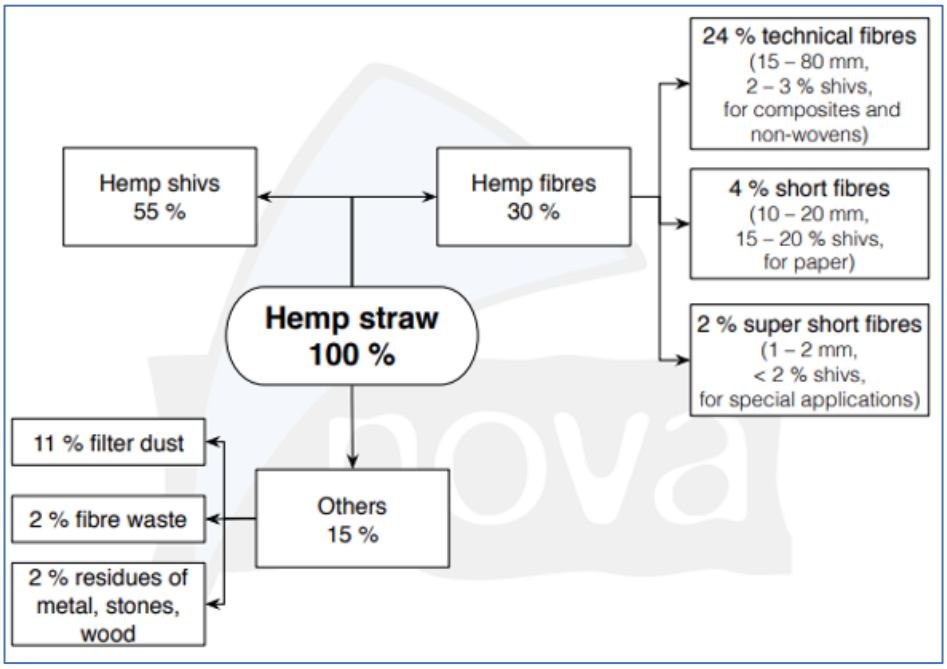
3.2.6 Olifantsgras plant

Afbeelding 3 Olifantsgras Miscanthus gigantus (Anderson et al.*, 2011)*

'*Miscanthus gigantus*' oftewel olifantsgras (zie afbeelding 3), is een meerjarig kruidachtige plant (Gismatulina & Budaeva, 2017). Het is van nature een bamboe-achtig gras dat oorspronkelijk voorkomt in tropisch en subtropische gebieden van Zuidoost-Afrika en Azië, maar tegenwoordig erg populair begint te worden in ook de koudere klimaten van Europese landen (Klímek et al., 2018). Miscanthus is een gewas dat maar één keer geplant wordt in een levenscyclus van 20 jaar (Griswold et al., 2018). De biomassa wordt jaarlijks geoogst in de late herfst of in de winter (Anderson et al., 2011). De oogsthoeveelheid neemt toe binnen de eerste drie teeltjaren, met een hoeveelheid van 4 / 10 / >20 ton per hectare in het eerste, tweede en derde oogstjaar respectievelijk (McCarthy & Mooney, 2013). In de eerste twee jaar zijn er geen oogstopbrengsten, omdat de aanplanting van olifantsgras door wortelstokken uit te planten, een kostbaar proces is (Koops & Sanders, 2005; Van der Voort, 2008). Vanaf het derde jaar blijft de oogst hoeveelheid (20 ton per hectare) constant (McCarthy & Mooney, 2013) en kan er jaarlijks worden geoogst (Van der Voort, 2008). Murphy et al. (2013) vermeldt dat de oogstbare opbrengst van miscanthus varieert binnen Europa. In Noord-Europa is de opbrengst (11 – 16 ton per hectare) lager dan de gemiddelde 24 ton per hectare die in Zuid-Europa wordt geoogst (Murphy et al., 2013).

3.2.7 Hennep reststroom

'Hennepscheven' zijn het bijproduct van hennep dat vrijkomt wanneer hennepvezels geproduceerd worden. Hennepscheven wordt in het Engels ook wel 'hemp shivs' genoemd (Amaducci et al., 2015). De hennepproductie is verdeeld in 30% hennepvezel, 55% hennepscheven restanten en 15% overige restanten (zie figuur 3) (De Beus et al., 2019).



Figuur 2 Productiefracties van de hennepvezel productie gebaseerd op massa (De Beus et al.*, 2019).*

Het bedrijf genaamd 'HempFlax' is toonaangevend in de productie van hennep (Hempflax, z.d.). Hempflax produceerde 2500 hectare in 2017 en verwacht 3500 hectare te gaan produceren in 2020, op verschillende teeltlocaties, gelegen in Roemenië, Duitsland en Nederland (Hempflax, z.d.). Volgens Rob van der Meer (persoonlijke communicatie, 21 mei 2019), die enkele testen heeft gedaan voor Hempflax, produceert het bedrijf voor de hennepvezels en hennepolie. ''De bloemen worden geoogst voor de productie van hennepolie en de vezels worden gebruikt in de auto-industrie, maar de houtige kern van de plant blijft over.'' (Persoonlijke communicatie, 21 mei 2019). ''Bovendien is Hemflax nog opzoek naar andere toepassingen.'' (Rob van der Meer, persoonlijke communicatie, 21 mei 2019).

Binnen Europa werd hennep op ongeveer 15.000 hectare geteeld in 2013 (Carus et al., 2013; Dutch Biorefinery Cluster, 2013). Tang et al. (2016) vermeldt dat de belangstelling voor hennepteelt is gegroeid en er in 2015 ruim 20.000 hectare hennep binnen Europa werd geteeld voor industriële doeleinden. De biomassa opbrengst van hennep is gemiddeld 16 ton drogestof per hectare (Kreuger et al., 2011).

De studie van Karus (2005) onderzocht de hennepproductie in Europa vanaf 2001 tot en met 2004. Hierin staat vermeldt dat de productie van verschillende bedrijven wereldwijd in 2001 en in 2003 op jaarbasis ongeveer 18.000 ton hennep werd geproduceerd, waarvan 80 – 90% geproduceerd werd door Europa (Karus, 2005). Van Calcker *et al.* (2018) onderzocht de hennepproductie in Vlaanderen en Nederland. Dit is te verdelen in 0 – 10.000 ton vezels per jaar en in 0 – 50.000 ton scheven per jaar, waarvan bekend is het merendeel (20.000 – 50.000 ton scheven per jaar) door Nederland geproduceerd wordt. Uit twee recente studies blijkt dat in Europa ongeveer 43.000 ton hennepscheven werden geproduceerd in 2013 (Carus, 2017; Van Calker et al., 2018).

3.2.8 Hennepplant

Hennep (zie afbeelding 4) is een eenjarige kruidachtige plant met de Latijnse naam: '*Cannabis sativa*' (De Beus et al., 2019). In tegenstelling tot cannabisplanten bevat hennep een zeer laag THC (tetrahydrocannabinol)-gehalte, daarom wordt hennep uitsluitend geteeld als bron voor bastvezels (Cherney & Small, 2016). Binnen Europa geldt dat uitsluitend geregistreerde genotypen die lager dan 0,2% THC bevatten, kunnen worden gebruikt voor de industriële teelt (Amaducci et al., 2015; Cherney & Small, 2016). Hennep wordt één keer per jaar geoogst (Gissén et al., 2014; Prade, 2011).

Afbeelding 4 Hennepplant: Cannabis sativa (De Beus et al., *2019)*

Sinds de 18e eeuw tot aan de 19e was hennep al een belangrijk vezelgewas voor de productie van touw en textiel (Amaducci et al., 2015), maar werd toen verdrongen door synthetische vezels en katoen waardoor de hennepteelt in Europa afnam (Multihemp, z.d.). Sinds de jaren negentig is er opnieuw een groeiende interesse in hennepteelt, omdat de teelt toen opnieuw werd goedgekeurd door de Europese Unie (Amaducci et al., 2015).

3.3 Praktische haalbaarheid en lage milieubelasting

Wat is de praktische haalbaarheid van plantaardige reststromen als alternatief substraat om met een lage milieu-impact groentegewassen te kunnen telen?

3.3.1 Bulkdichtheid, poriënvolume en steriliteit

3.3.1.1 Vlasscheven

Vlasscheven hebben een bulkdichtheid van 99,38 kg/m³ (Sam-Brew & Smith, 2017). Een andere studie noemt een bulkdichtheid van 117 kg/m³ (Evon et al., 2019). Vlasscheven hebben een poriënvolume van 92,9% (Rahim et al., 2015). Een andere studie geeft aan een poriënvolume van 75,8% te hebben gemeten voor vlasscheven (Jiang et al., 2019).

Vandecasteele et al. (2018) onderzocht het risico op pathogenen van vlasscheven. Ruwe (onbewerkt) vlasscheven vertonen een verhoogde kolonisatie van de ziekteverwekker '*Verticillium dahliae'.* Het is bekend dat deze pathogeen voorkomt in de vlasteelt in Noord-Europa. Echter, een stoombehandeling bij 100°C doodt de aanwezige plantpathogenen op vlasscheven (Vandecasteele et al., 2018). Nykter, M. (2006) onderzocht de effectiviteit van stoombehandelingen bij verschillende temperaturen (80°/90°/100°/120°C) op schimmels van het geslacht *Stachybotrys, Chaetomium en Fusarium,* die werden aangetroffen op vlasscheven. Echter, Nykter, M. (2006) toonde aan dat de groei van deze schimmels na behandeling(en) met stoom verminderde, maar geen van de stoombehandelingen resulteerde in een permanent schoon resultaat.

3.3.1.2 Kenaf

Kenmerken van kenaf zijn een lage dichtheid en de poreuze structuur (Yahya & Chin, 2017). De dichtheid van kenaf ligt tussen 0,10 – 0,20 g/cm³ (Yahya & Chin, 2017). Informatie over de dichtheid van kenafvezels is niet gevonden. Kenafvezels hebben gemiddeld een diameter van 67,6 µm (Saba et al., 2015). Informatie over het poriënvolume van kenaf is niet gevonden.

Er is geen informatie gevonden over de mate waarin kenafmateriaal vrij is van pathogenen.

3.3.1.3 Olifantsgras

Olifantsgras heeft een goed absorberend vermogen (Griswold et al., 2018). Producten van olifantsgras kunnen tot vijf keer het eigen gewicht aan water absorberen (Griswold et al., 2018). Miscanthus heeft een gemiddelde deeltjesgrootte van 0,6 tot 0,8 mm (Griswold et al., 2018). Informatie over het de bulkdichtheid en het poriënvolume van olifantsgras is niet gevonden.

Vandecasteele et al. (2018) onderzocht ook de pathogenendruk op miscanthus. Hierbij is aangetoond dat miscanthus schimmelpathogenen bevat die een bedreiging kunnen zijn voor andere gewassen. Vandecasteele et al. (2018) vermeldt niet of met behulp van stoom (zoals bij vlasscheven wel genoemd) de pathogenen op miscanthus worden gedood.

3.3.1.4 Hennepscheven

Bourdot et al. (2017) onderzocht de dichtheid en porositeit van verschillende grootte hennepscheven. Hennepscheven van 0-5 mm hebben een dichtheid van 135 kg/m³ en een poriënvolume van 89,3% (Bourdot et al., 2017). Hennepscheven van 0-20 mm hebben een dichtheid van 110 kg/m³ en een poriënvolume van 91,3% (Bourdot et al., 2017). De bulkdichtheid van hennepscheven is 105 kg/m3 (Balčiūnas et al., 2015). Resultaat uit een andere studie vermeld dat hennepscheven van 15 mm een poriënvolume van 90,1% hebben (Rahim et al., 2015). Nog een andere studie vermeldt een poriënvolume van 77,93% voor hennepscheven (Jiang et al., 2019).

Na het scheidingsproces van hennep worden bacteriën en schimmels teruggevonden in de hennepscheven. De meest voorkomende geslachten van de aangetroffen schimmels waren '*Penicillium*' en '*Rhizopus'* (Nykter, 2006). Een stoombehandeling in combinatie met enzymen werd getest bij verschillende temperaturen (80°/90°/100°/120°C). Deze behandeling zorgde voor een afname van bacteriën, maar '*Penicillium*' en '*Rhizopus'* waren hiertegen bestendig (Nykter, 2006).

Meerdere bronnen benoemen dat de hennep geen pesticiden vereist en vrij is van ziekten (Cherney & Small, 2016; De Beus et al., 2019). De hennepplant is resistent tegen ziekten en ongedierte waardoor het zonder chemische middelen kan worden verbouwd (Hempflax, z.d.).

3.3.1.5 Gemiddelde bulkdichtheid en poriënvolume

De gemiddelde bulkdichtheid en het gemiddelde poriënvolume van de gevonden plantaardige reststromen zijn hieronder weergegeven (zie tabel 2).

Tabel 2 Gemiddelde bulkdichtheid en poriënvolume van Vlas/Kenaf/Olifantsgras en Hennep

Plantaardig materiaal	Bulkdichtheid (kg/m^3)	Poriënvolume (%)
Vlas scheven	108	84,4
Kenaf	150	x
Olifantsgras	x	x
Hennep scheven	117	87,2

3.3.2 Verwerkingstoepassing en CO_2-voetafdruk

3.3.2.1 Vlas

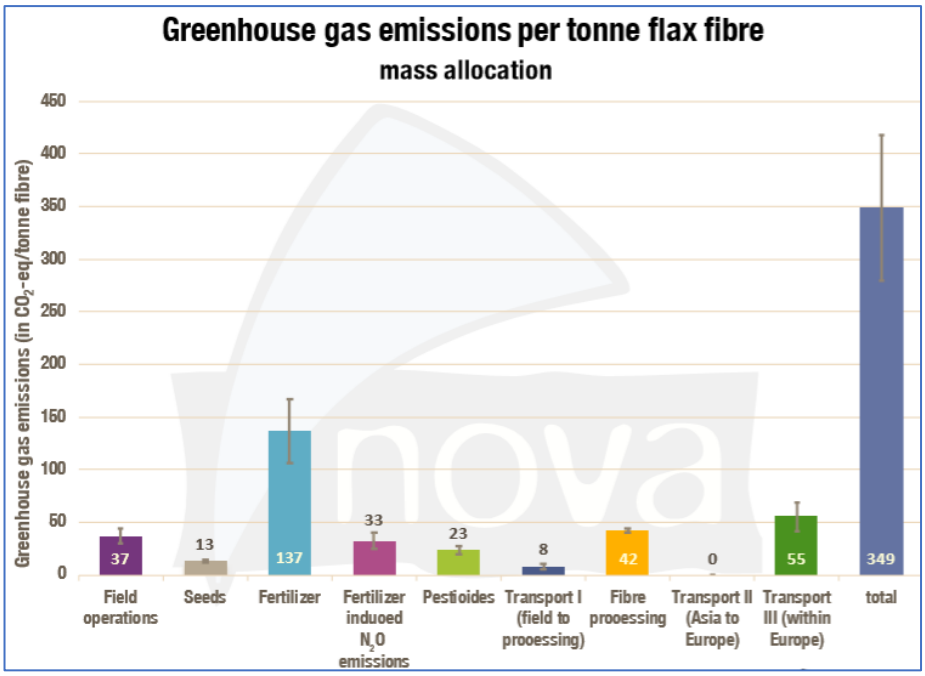
Er is geen informatie gevonden over hoe vlasscheven verwerkt kunnen, om deze geschikt te maken als bestanddeel in substraten. Er zijn wel enkele bronnen gevonden die vermelden vlas te hebben gebruikt in substraten. Kaniszewski et al. (2010) geeft aan met vlasscheven te hebben geëxperimenteerd. Kaniszewski et al. (2010) vergeleek steenwolsubstraat met vlasscheven in een mengsubstraat (met kokosnootvezels, katoen en zaagsel) voor de tomatenteelt. Het mengsubstraat had een stabiele structuur, waardoor een goede balans tussen water en luchtomstandigheden en de kweekduur van de plant niet veranderde. Echter, in een mengmonster van vlasscheven en stro is een snelle biologische afbraak waargenomen (Kaniszewski et al., 2010). Kaniszewski et al. (2010) concludeerde dat de opbrengst op steenwolsubstraat hoger was, maar niet significant hoger ten opzichte van het organisch mengsubstraat met vlasscheven. Schmilewski (2007) onderzocht van 13 verschillende Europese landen, welke organische materialen en in welke hoeveelheden deze worden gebruikt in groeimedia voor planten. In 2005 bleek Duitsland als enigste land substraat te produceren waarin vlas werd verwerkt samen met andere organische materialen zoals kokos, rijstschillen, houtproducten en onbehandelde schors (Schmilewski, 2007). Echter, dit onderzoek vermeldt niet of hiervoor vlasvezels of vlasscheven zijn gebruikt.

Substratenleverancier Klassmann-Deilmann heeft enkele plantaardige reststromen getest, waaronder vlas, miscanthus en hennep (Sjors Beijer, persoonlijke communicatie, 31 mei 2019). Deze plantmaterialen zijn vaak te vers, waardoor biologische stabiliteit een grote bottleneck is (Sjors Beijer, persoonlijke communicatie, 31 mei 2019). Om deze reden is een bewerkingsstap wenselijk, waarmee bovenstaande materialen geschikt gemaakt kunnen worden (Sjors Beijer, persoonlijke communicatie, 31 mei 2019). Volgens Sjors is het verwerkingsproces van 'Newfoss' een goede methode om vers plantaardig materiaal stabieler te maken (Sjors Beijer, persoonlijke communicatie, 31 mei 2019).

Het bedrijf 'Newfoss' in Brabant is gespecialiseerd in het verwerken van grote hoeveelheden biomassa en agrarische reststromen. Het bedrijf heeft een techniek ontwikkeld waarmee vers plantaardig materiaal kan worden opgewaardeerd. De techniek is staat om plantaardige materialen te wassen, waarmee verontreiniging kan worden weggenomen, zoals zand of zwerfafval (Newfoss, z.d.). Daarnaast vindt een scheidingsmethode plaatst met behulp van microbiologie, waardoor inhoudsstoffen zoals eiwitten, suikers en mineralen uit het materiaal worden gehaald (Newfoss, z.d.). Dit maakt plantaardig materiaal stabieler, omdat het de afbreekbaarheid vertraagd waarmee inklinking verminderd (Sjors Beijer, persoonlijke communicatie, 31 mei 2019). Als een materiaal afbreekt, klinkt het in, waardoor de luchthuishouding en plantbuffering (opname van water en voedingsstoffen voor de groei) worden verminderd (Rob van der Meer, persoonlijke communicatie, 21 mei 2019). Na het microbiologisch verwerkingsproces wordt een deel van het plantaardig materiaal (het plantensap) vergist tot biogas waarvan energie wordt gemaakt. Het andere deel dat overblijft zijn vezels. Op deze manier heeft Newfoss al verschillende plantmaterialen, waaronder vlas met succes kunnen verwerken tot bruikbare vezels (Newfoss, z.d.). Met de techniek van Newfoss worden vezels in een de vorm van een isolatieplaat geproduceerd, dat als duurzaam alternatief kan worden ingezet voor de vervanging van glas- en steenwol (Newfoss, z.d.). Echter, van vlasscheven hiermee ook in een bepaalde vorm kunnen worden geproduceerd is niet bekend. Daarnaast is onbekend of bij deze bewerkingsstap verhitting plaatsvind. Een bewerkingsstap waarbij hoge temperaturen worden gebruikt kan pathogenen doden (Vandecasteele et al., 2018). Houtrestanten bijvoorbeeld worden verwerkt bij 80°C, om aanwezig pathogenen en nematoden te doden (Sjors Beijer, persoonlijke communicatie, 31 mei 2019).

Over het verwerkingsproces van Newfoss is duurzaam, omdat het natuurlijke grondstoffen uit plantaardige reststromen kan halen en energieneutraal is (Newfoss, z.d.). De verkregen energie uit biogas dekt de volledige energiebehoefte van de fabriek, waardoor er netto geen CO_2-uitstoot plaatsvindt (Newfoss, z.d.). Bovendien blijft er energie over voor energiegebruikers in de buurt.

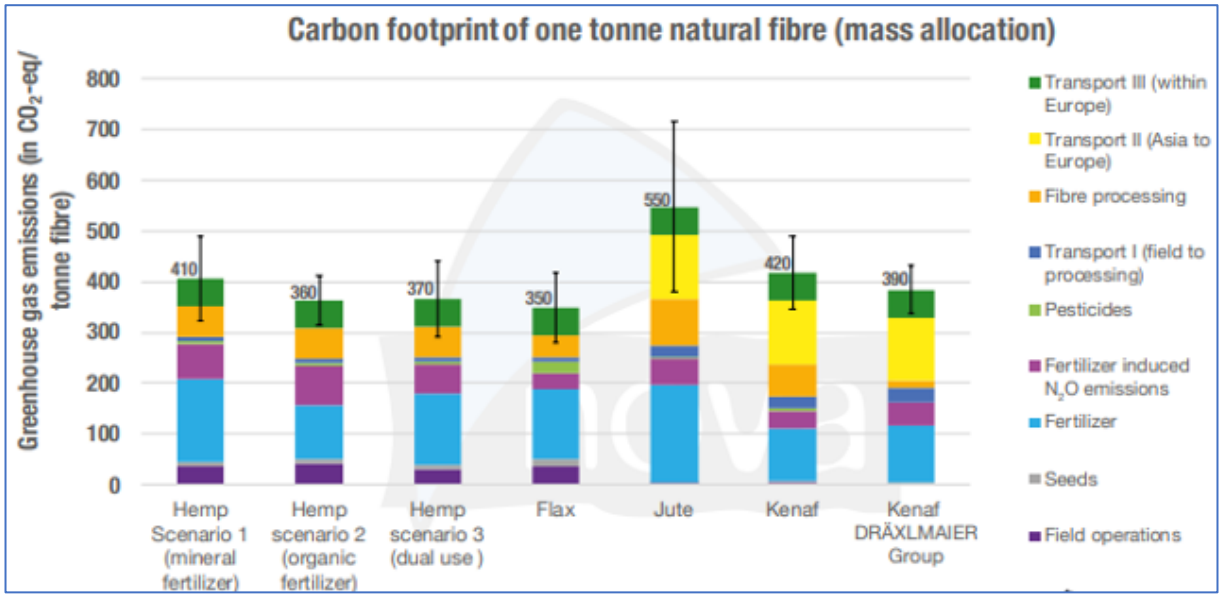
In literatuur zijn geen studies gevonden die omschrijven hoe vlasscheven precies kunnen worden verwerkt tot bruikbaar substraat voor de groei van planten. De CO_2-uitstoot van het scheidingsproces van vlas is wel bekend. Vlasvezels worden verkregen door een 'rotingsproces'. Roten is een scheidingsproces waarbij met water, enzymen, chemie en stoom lange bastvezels kunnen worden gescheiden (De Beus et al., 2019). Echter dit rotingsproces duurt lang, veroorzaakt watervervuiling en er komt CO_2 vrij. Dit brengt de ecologische voetafdruk van vlas op 349 CO_2 -eq per ton vlasvezel, waarvan 42 Co2-eq per ton vrijkomt bij het verwerkingsproces (zie figuur 4).



Figuur 4 Ecologische voetafdruk van Vlas in CO_2-eq per ton vlasvezel (De Beus et al.*, 2019)*

Plantenvezels hebben tijdens de groei CO_2 opgevangen, dit maakt de het productieproces van vlasvezel (bijna) CO_2-neutraal, omdat bij de verbranding van natuurlijke vezels geen residuen ontstaan (Pil et al., 2016). Vlas is een hernieuwbare hulpbron (Clemons, 2010), wat een mogelijkheid is voor doorontwikkeling van natuurlijke vezels (Ramesh et al., 2017). De biologische afbreekbaarheid van vlas wordt gezien als een voordeel voor het milieu, hoewel de biologische afbreekbaarheid een nadeel kan zijn voor duurzaam gebruik, gezien in een omgeving met micro-organismen het materiaal zou kunnen afbreken (Clemons, 2010). Toch hoeft dit geen nadeel te zijn, indien afbreekbaarheid gewenst is. Daarnaast hebben vlasvezels een lage energiebehoefte (Clemons, 2010).

Een recente studie onderzocht de CO_2-voetafdruk van hennep, vlas, kenaf en jute. Vlas heeft een CO_2-voetafdruk van 350 CO_2-eq per ton vezel (zie figuur 5).



Figuur 5 CO_2-voetafdruk in CO_2-eq per ton vezel van hennep, vlas, jute, 'kenaf' machinaal verwerkt en 'kenaf Dräxlmaier' handmatig verwerkt (De Beus et al.*, 2019).*

3.3.2.2 Kenaf

Het rotingsproces van kenaf gebeurt bij 34°C, in combinatie met bacteriën en schimmels die de vezelstructuren verteren, waardoor de vezels worden gescheiden van de schors. Deze methode komt het milieu ten goede, omdat hierbij geen chemisch scheidingsproces noodzakelijk is, zoals bij houtvezels bijvoorbeeld vaak wel van toepassing is (Akil et al., 2011).

De verwerking van kenaf in Europa heeft een CO_2-voetafdruk van 420 CO_2-eq per ton vezel (zie figuur 5 in paragraaf 3.3.2.1). Deze voetafdruk ligt iets hoger dan de verwerkingsmethode buiten Europa, dit komt omdat de verwerking in Europa machinaal gebeurt en de verwerking buiten Europa nog handmatig wordt gedaan (De Beus et al., 2019). Kenaf heeft een bijna CO_2 neutrale balans (Ferdous & Hossain, 2017). De kenafplant is in staat om veel CO_2 op te nemen uit de atmosfeer tijdens zijn relatief korte groeiperiode (Akil *et al*., 2011; Ferdous & Hossain, 2017). Het tempo waarmee de plant CO_2 absorbeert ligt hoger vergeleken met welk ander gewas dan ook (Ferdous & Hossain, 2017). Voor de productie van 1 ton droge stof kenaf, is 1,5 ton CO_2 nodig. Dit betekent dat 30 – 40 ton CO_2 wordt verbruikt per elke hectare kenaf voor iedere groeicyclus, wat overeenkomt met de uitstoot van twintig auto's op jaarbasis (Ferdous & Hossain, 2017). Verder is bekend dat het energieverbruik om 1 kg kenafvezel te produceren ongeveer 15 Megajoule kost (Akil et al., 2011; Ayadi et al., 2017; Fernando et al., 2015; Fiore et al., 2015; Xia et al., 2016).

Kenaf is erkend door het 'Kyoto-protocol' als milieuvriendelijk organisch materiaal dat effectief globale warmte verminderd (Kamal, 2014). Het 'Kyoto-protocol' omschrijft doelstellingen om de CO_2-uitstoot te verlagen (Almer & Winkel, 2017). Almer & Winkel (2017) vermeldt dat verschillende landen die aan dit protocol verbonden zijn een CO_2-reductie-effect van gemiddeld 7 tot 10% hebben kunnen realiseren en dat dit onhaalbaar was geweest bij het ontbreken van de kyoto-doelstellingen. Door de erkenning van kenaf als milieuvriendelijk materiaal, wordt door de regering in Maleisië het planten van kenaf aangemoedigd als duurzaam alternatief voor tabaksplanten (Kamal, 2014).

3.3.2.3 Olifantsgras

Schrik *et al.* (2017) benoemt dat olifantsgras goed gebruikt zou kunnen worden als substraatmateriaal. Daarnaast is bekend dat de overblijfselen van olifantsgras geschikt zijn als substraat voor de teelt van oesterzwammen (VNP, z.d.).

Figuur 6 Olifantsgras als geluidswal (Slim Ciculair, z.d.).

Het verwerkingsproces van olifantsgras bestaat uit het versnipperen van de stengels, waaraan minerale bindmiddel kunnen worden toegevoegd om het materiaal in een bepaalde vorm te storten (zie figuur 6) (Slim Circulair, z.d.).

Zoals eerdergenoemde bewerkingsstap van Newfoss in paragraaf 3.3.2.1, is eenzelfde procedé gewenst om het plantaardig materiaal van olifantsgras geschikt te kunnen maken als mogelijke toepassing in substraten. Het materiaal van olifantsgras is vaak te vers, waardoor biologisch onstabiel is (Sjors Beijer, persoonlijke communicatie, 31 mei 2019).

Miscanthus gigantus is een C4 plant, dat fotosynthese uitvoert volgens de C4 route (Anderson et al., 2011). Dit betekent dat de plant efficiënter omgaat met het opnemen van CO_2, stikstof en water ten opzichte van een C3 plant (Anderson et al., 2011). C4 planten groeien goed in warme gebieden, maar zijn vaak vatbaar voor koude temperaturen, doordat de fotosynthese-activiteit hoog blijft (Anderson et al., 2011). Echter, *Micanthus gigantus* is bestendig tegen temperaturen onder 15°C (McCarthy & Mooney, 2013) en groeit daarom goed in gematigd klimaat (Het Groene Brein, z.d.; WUR, 2017). Tijdens de groeiperiode neemt het gewas CO_2 op uit de lucht en slaat dit op in de bodem en in zijn wortels (Anderson et al., 2011; Ed, z.d.). Een Miscanthus oogst van 20 ton absorbeert jaarlijks ongeveer 35 ton CO_2 per hectare (Slim Circulair, z.d.).

Zoals eerdergenoemd wordt olifantsgras in de herfst of winter geoogst. In deze periode verdort het gras, waardoor het relatief droog kan worden geoogst (WUR, z.d.). Het vochtgehalte van de biomassa daalt in oktober tot 50% en in februari tot beneden 10% (Anderson et al., 2011).

3.3.2.4 Hennep

Hennep is een sterke plant die op arme gronden overleeft (Hempflax, z.d.) en in vrijwel elk klimaat gedijt (De Beus et al., 2019; Hempflax, z.d.). Een ander voordeel van hennep is dat het de bodemstructuur verbetert en de bodem verrijkt (De Beus et al., 2019; Hempflax, z.d.). Echter de water- en nutriëntbehoefte van hennepgewassen voor de teelt van zaden is relatief hoog, een hoog stikstof, fosfor en kaliumgehalte is gewenst (Cherney & Small, 2016). Behalve hoge bemestingsvoorwaarden worden hennep veelal machinaal geproduceerd, hierdoor wordt verwacht dat de energie van het productieproces aanzienlijk zal zijn (Cherney & Small, 2016).

In paragraaf 3.3.1 is de verwerkingsmethode van plantaardig reststroommateriaal door het bedrijf Newfoss omschreven. Eén van de andere plantaardige materialen die Newfoss met succes heeft kunnen verwerken is hennep (Newfoss, z.d.). Echter is het de vraag over hennepscheven op die manier geschikt kunnen worden gemaakt als toepassing in substraten.

CO_2-voetafdruk van plantaardige vezels in vergelijking met glas- en steenwol

Plantaardige vezels hebben tijdens de groei CO_2 kunnen opnemen (Pil et al., 2016). De Beus et al. (2019) onderzocht van de CO_2-uitstoot van hennep, vlas, jute en kenaf. De vier plantaardige vezels zijn weergegeven in onderstaand figuur onder de noemer 'natural fibers'. De natuurlijke vezels hebben een CO_2-voetafdruk van 0,35 – 0,55 co2-eq per ton vezel en verschillen onderling niet significant van elkaar. Daarmee hebben jute, vlas, hennep en kenaf een lagere CO_2-uitstoot hebben dan glaswol en steenwol (mineral wool) (zie figuur 7).

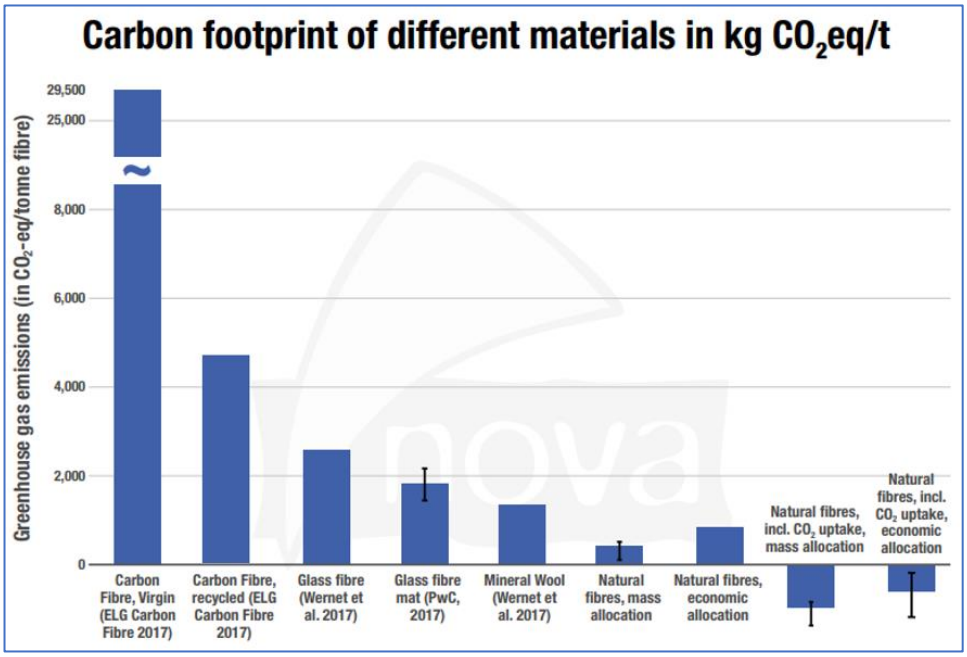


Figure 7 CO_2- voetafdruk in CO_2-eq per ton vezel van anorganische materialen (glas en steenwol) en plantaardige materialen ('natural fibers'; hennep, vlas, jute en kenaf) (De Beus et al.*, 2019)*

3.4 Multicriteria-analyse

In deze paragraaf wordt toelichting gegeven over totstandkoming van de beoordeling van de plantaardige reststromen, aan de hand van de multicriteria die zijn opgesteld in de multicriteria-analyse tabel (zie tabel 3).

3.4.1 Beoordeling continuïteit en beschikbaarheid

Vlas wordt één keer per jaar geoogst. Dit is niet meer dan twee keer per jaar, daarom is vlas beoordeeld met score '2' op continuïteit. Van kenaf is bekend dat het gewas één keer per jaar wordt geoogst, dit valt binnen het criterium 'minder dan 2 keer per jaar beschikbaar' en is daarom beoordeeld met score '2'. De oogst van olifantsgras is na het derde groeijaar, jaarlijks één keer per jaar, daarom is score '2' toegekend. Hennep wordt jaarlijks één keer per jaar geoogst, daarom is score '2' gegeven.

In West-Europa wordt ongeveer 120.000 – 140.000 ton vlas per jaar geproduceerd (Baley et al., 2018). Gemiddeld komt dat neer op ongeveer 130.000 ton vlas per jaar. Wanneer daarvan 51% vlasscheven als reststroom vrijkomen, bekent dit dat er ongeveer 66.300 ton vlasscheven per jaar beschikbaar zijn binnen Europa. Het reststroom volume van vlas valt daarmee binnen het beoordelingscriterium '10.000 - 100.000 ton per jaar', waarvoor een score '2' is toegekend. Er is geen informatie over de beschikbaarheid van kenaf gevonden binnen Europa, daarom is een score '0' gegeven. Van olifantsgras is geen reststroompercentage gevonden, maar Van Calker et al. (2018) benoemt wel dat er een reststroom van 50.000 – 100.000 ton per jaar in Nederland beschikbaar is en 5.000 – 10.000 ton per jaar in Vlaanderen. Op basis hiervan kan worden aangenomen dat de reststroom van olifantsgras tenminste tussen de 10.000 en 100.000 ton ligt, daarom heeft olifantsgras een score gekregen van '2'. De totale hennepproductie in Europa bedraagt ongeveer 20.000 hectare, blijkt uit de resultaten. Daarnaast is van hennep bekend dat er gemiddeld 16 ton drogestof per hectare kan worden verkregen. Waarvan de totale biomassa bestaat uit 55% hennepscheven (de reststroom). Hiermee kan het reststroomvolume van hennep worden berekend: 20.000 x 16 ton = 320.000 ton drogestof totaal in Europa. 320.000 * 55% = 176.000 ton hennepscheven binnen Europa. Dit reststroomvolume is meer dan 100.000 ton, daarom is een score van '3' toegekend.

3.4.2 Beoordeling bulkdichtheid, poriënvolume

3.4.2.1 Vlasscheven

De bulkdichtheden van vlasscheven die gevonden zijn in literatuur zijn 99,38 kg/m³ en 117 kg/m³. De gemiddelde bulkdichtheid van vlasscheven komt daarmee op 108 kg/m³, dit gemiddelde komt het meest in de buurt van 0,6 – 2,5 mm perliet (107 kg/m³) en 4 – 9 mm vermiculiet (107 kg/m³) (zie bijlage III). De bulkdichtheid van vlas is daarom gescoord op '2'. De gevonden poriënvolumes van vlasscheven waren 92,9 en 75,8%, met een gemiddelde van 84,4% dat het meest in de buurt komt van het poriënvolume van gebroken kleikorrels (83%) en 1- 10 mm vulkanisch gesteente 'puimsteen' (85%). Het poriënvolume van vlas is daarom gescoord op '2'.

3.4.2.2 Kenaf

De bulkdichtheid van kenaf dat gevonden is, heeft een breed verloop (100 – 200 kg/m³), het gemiddelde hiervan (150 kg/m³) komt het dichtst in de buurt van de bulkdichtheid van rijstekafmat (158 kg/m³) (zie bijlage III). De bulkdichtheid van kenaf is daarom gescoord op '2'. Er is geen informatie over het poriënvolume van kenaf gevonden, daarom het poriënvolume gescoord op '0'.

3.4.2.3 Olifantsgras

Er is geen informatie gevonden over de bulkdichtheid en het poriënvolume van olifantsgras, daarom zijn beide criteria gescoord op '0'.

3.4.2.4 Hennepscheven

De gevonden bulkdichtheden van hennepscheven waren 135, 110 en 105 kg/m³, waarvan de gemiddelde bulkdichtheid van 117 kg/m³, het meest overeenkomstig is met 1 – 7,5 mm perliet (117 kg/m³) en bijna overeenkomstig is met de bulkdichtheid van rijstekaf (116 kg/m³) (zie bijlage III). De bulkdichtheid van hennep is daarom gescoord op '2'. Er zijn meerdere poriënvolume percentages gevonden van hennepscheven, namelijk 89,3, 91,3, 90,1 en 77,93%, wat een gemiddeld poriënvolume percentage geeft van 87,2%, dat het nagenoeg overeenkomstig is met het poriënvolume van kokosbrokjes (86%) (zie bijlage III). Het poriënvolume van hennep is daarom gescoord op '2'.

3.4.3 Beoordeling steriliteit

In zowel vlas- als hennepscheven bevatten aanwezige pathogenen een bedreiging vormen voor andere gewassen. Vlas- en hennepscheven vallen daarom beide in de categorie 'niet vrij van pathogenen', waarmee een score van '-1' is toegekend. Op het restmateriaal van olifantsgras worden ook schimmelpathogenen aangetroffen, daarmee is miscanthus 'niet pathogenen vrij' en is een score van '-1' toegekend.

3.4.4 Beoordeling verwerkingstoepassing en CO_2-voetafdruk

Vlas wordt door een enkel bedrijf in Duitsland al gebruikt in substraten. Daarnaast heeft een enkele studie gemeld vlasscheven te hebben gebruikt in substraten. Vlas is toepasbaar als substraat, daarom is vlas beoordeeld met score '1'. Echter, of hennep, kenaf en olifantsgras verwerkt kunnen worden tot bruikbaar substraat voor de teelt van groentegewassen is niet bekend, hiervoor is voor Hennep, kenaf en olifantsgras score '0' toegekend.

De CO_2-voetafdruk van plantaardige vezels (waaronder vlas, hennep, jute en kenaf) bleken lager te zijn dan de CO_2-voetafdruk van steenwol, daarom is zowel vlas, hennep als kenaf beoordeeld met score '1'. De CO_2-voetafdruk van olifantsgras is niet gevonden, maar het is wel bekend dat het een snelgroeiend C4 gewas is dat in rap tempo CO_2 opneemt. Hiermee wordt aangenomen dat olifantsgras een lagere CO_2-voetafdruk heeft dan steenwol. Olifantsgras is daarom beoordeeld op score '1'.

Tabel 3. Multicriteria-analyse van plantaardige reststromen binnen Europa; beoordeeld op beschikbaarheid en praktische haalbaarheid.

	Selectiecriteria	Vlas	Kenaf	Olifantsgras	Hennep	
Beschikbaarheid	Continuiteit	2	2	2	2	
	Hoeveelheid	2	0	2	3	
Praktische haalbaarheid	Bulkdichtheid	2	2	0	2	
	Porienvolume	2	0	0	2	
	Steriliteit	-1	0	-1	-1	
	Verwerkingstoepassing	1	0	0	0	
	CO_2-voetafdruk	1	1	1	1	
	Totaal score	**9**	**5**	**4**	**9**	

4. Discussie

Met dit afstudeeronderzoek is getracht om inzichtelijk te krijgen aan welke eisen een substraat moet voldoen voor plantengroei, welke beschikbare plantaardige reststromen er binnen Europa zijn op schaalbaarniveau en wat de praktische haalbaarheid is van plantaardige reststromen. In dit hoofdstuk worden de resultaten geïnterpreteerd, de onderzoeksaanpak bekritiseerd en de reikwijdte van de informatie besproken.

4.1 Resultaten discussie

4.1.1 Substraateisen plantaardige reststromen

Uit de resultaten blijkt dat er veel verschillende eisen zijn waaraan een substraat moet voldoen, wil het kunnen worden toegepast als groeimedium voor planten. Dit resultaat werd verwacht, omdat voorafgaand het onderzoek is opgemaakt dat juist een combinatie van verschillende factoren bepalen of alternatieve materialen geschikt zijn voor duurzaam gebruik (zie inleiding). De gevonden plantaardige reststroommaterialen zijn voornamelijk natuurlijke vezels, die hoofdzakelijk gebruikt worden in de composietenindustrie (Ramamoorthy *et al.*, 2015). Dit verklaart dat er alleen studies zijn gevonden die fysische eigenschappen onderzochten van de plantaardige materialen gericht op industrieel gebruik. Hierdoor zijn de gevonden plantaardige reststroommaterialen zijn enkel beoordeeld op de fysische eigenschappen (bulkdichtheid en poriënvolume), omdat daar informatie over te vinden was. Met de bulkdichtheid en het poriënvolume is daarom gepoogd om een indicatie te krijgen over de compactheid van het materiaal en de mate waarin het materiaal water en lucht zou kunnen opnemen.

4.1.2 Beschikbaarheid plantaardige reststromen binnen Europa

Welke schaalbare plantaardige reststromen zijn beschikbaar binnen Europa?

Gevonden plantaardige reststromen binnen Europa zijn vlas, olifantsgras en hennep. Kenaf is een gewas dat op dit moment nog niet wordt geteeld in Europa, maar waarnaar wel onderzoek gaande is om dit gewas in Europa in de toekomst te kunnen telen (FIBRA, 2012). De continuïteit waarmee het plantaardig materiaal van vlas, kenaf, olifantsgras en hennep beschikbaar is, is gezien de oogst één keer per jaar. Met plantaardig materiaal moet rekening worden gehouden met de variabiliteit tussen teelten (Clemons, 2010). Hierdoor zou de kwaliteit van verkregen restmateriaal ook kunnen fluctueren. Variaties van het ene oogstseizoen tot het andere, zouden als probleem kunnen worden beschouwd, omdat de kwaliteit niet consistent is (Baley et al., 2018). Uit de multicriteria-analyse blijkt dat er van de reststroom hoeveelheid van vlas en olifantsgras tenminste tussen 10.000 – 100.000 ton per jaar beschikbaar is. Het reststroomvolume van olifantsgras is gebaseerd op de samengenomen restvolumes van Nederland en Vlaanderen, omdat informatie over de totale hoeveelheid binnen Europa niet is gevonden. Over de beschikbaarheid van kenaf is alleen de productiehoeveelheid wereldwijd gevonden, maar geen beschikbare hoeveelheid binnen Europa. Dit kan worden verklaard doordat er nog veel onderzoek op dat gebied plaatsvindt op dit moment (Alexopoulou et al., 2015; FIBRA, 2012). De beschikbare reststroom hoeveelheid van hennep bedroeg meer dan 100.000 ton per jaar, waarmee hennep ten opzichte van de andere plantaardige restmaterialen het hoogst scoort op beschikbare hoeveelheid. Eerdergenoemd in de inleiding, kan met reststromen van enkele honderden tonnen vaak impact gerealiseerd worden om het totale grondstoffen gebruik te verminderen (Food Cabinet, 2016). Dit betekent dat reststroomhoeveelheden van vlas, olifantsgras en hennep kans hebben om het gebruik van steenwol te kunnen reduceren.

4.1.3 Praktische haalbaarheid plantaardige reststromen

Uit de multicriteria-analyse tabel (zie hoofdstuk 3, paragraaf 3.4) is te zien dat de gemiddelde bulkdichtheid van vlas, kenaf en hennep overeenkomstig zijn met een van de substraten die al worden

gebruikt (zie bijlage III). De bulkdichtheid van vlas is nagenoeg overeenkomstig met de bulkdichtheid van perliet en vermiculiet. Een eigenschap van zowel perliet als vermiculiet is, dat het materiaal zeer poreus is, waardoor het veel lucht en veel water kan bevatten (Kipp & Wever, 1993). Het poriënvolume van vlas is overeenkomstig met gebroken kleikorrels en 1-10 mm puimsteen. Een eigenschap van gebroken kleikorrels is dat het een poreuze structuur heeft en een laag gewicht (Kipp & Wever, 1993). Een eigenschap van puimsteen is dat het veel lucht en veel water kan bevatten door de poreuze structuur (Kipp & Wever, 1993). De substraatmaterialen waarmee vlas overeenkomstig is met de bulkdichtheid of het poriënvolume hebben allemaal een poreuze structuur, hiermee wordt aangenomen dat vlasscheven mogelijk ook in staat zijn om veel water en veel lucht te kunnen opnemen.

Het poriënvolume van hennep komt overeen met kokosbrokjes, waarvan bekend is dat die ongeveer evenveel water als lucht kunnen bevatten. Het analyseren van de overeenkomstigheid van de bulkdichtheid van rijstekaf en hennep lastig, omdat de specifieke de holle structuur van de rijstkaftjes kenmerkend zijn voor een hoger luchtgehalte in substraten met rijstekaf (RHP, 2016-a). Van hennep is bekend dat de stuctuur een hoog absorptie vermogen heeft, net als kenaf (Cannabis Invest, 2019). Hierom wordt een mengsel van hennep en kenaf vaak gebruikt om olieverontreiniging op vloeren te kunnen reinigen (Cannabis Invest, 2019). Hiermee wordt verondersteld dat hennep en kenaf wel in staat zijn om gemakkelijk een vloeistof te kunnen opnemen. Deze veronderstelling past het feit dat kenaf een lage bulkdichtheid en poreuze structuur heeft (Yahya & Chin, 2017). Volgens Cannabis Invest (2019) is het kernmateriaal van de kenafplant één van de meest absorberende plantmaterialen ter wereld. Echter, met deze resultaten van kenaf kan geen uitspraak worden gedaan over, of het materiaal meer vloeistof dan lucht opneemt.

Uit de multicriteria-analyse blijkt dat er geen informatie gevonden is over de het poriënvolume van kenaf. Ook blijkt geen informatie te zijn gevonden over de bulkdichtheid en het poriënvolume van olifantsgras. Desondanks, is bekend dat olifantsgras een goed water absorberend vermogen heeft (Griswold et al., 2018).

Uit de multicriteria-analyse blijkt dat vlas, olifantsgras en hennep niet vrij zijn van pathogenen. Het risico op ziekten en plagen wordt in anorganische materialen lager beschouwd dan organische materialen (Puértolas et al., 2018). Plantmateriaal is voornamelijk opgebouwd uit suikers (Célino et al., 2014), waarvoor schimmels gevoelig zijn (Sjors Beijer, persoonlijke communicatie, 31 mei 2019). Daarnaast kunnen organische materialen ziektekiemen bevatten, doordat tijdens de teelt aangetast plantmateriaal kan worden meekomen (Aendekerk et al., z.d.). Dit verklaart waarom de gevonden plantaardige reststromen van vlas, olifantsgras en hennep niet pathogenen vrij zijn bevonden. Er is geen informatie gevonden over de mate waarin kenafmateriaal vrij is van pathogenen, maar er wordt aangenomen dat ook bij dit gewas het risico bestaat dat ziektekiemen achterblijven in het geteelde materiaal. Het bevatten van pathogenen, vormt een risico wanneer het plantaardig materiaal wordt gebruik als 'alternatief substraat', omdat pathogenen een bedreiging zijn voor substraatgeteelde gewassen (Aendekerk et al., z.d.). Gebruikers willen erop kunnen vertrouwen dat substraatmateriaal ziektevrij is (Aendekerk et al., z.d.), daarom kan het gebruik van plantaardige reststroommaterialen in alternatieve substraten een knelpunt zijn. Er zullen dus nog maatregelen moeten worden getroffen om plantaardige reststroommaterialen pathogenen vrij te kunnen verkrijgen.

Uit de multicritria-analyse blijkt dat er over kenaf, olifantsgras en hennep niet bekend is of de reststromen daarvan kunnen worden toegepast als bruikbaar alternatief bestanddeel in substraat. Een enkele studie vermeldt dat vlas al wel in substraat wordt gebruikt door een bedrijf in Duitsland (Schmilewski, 2007). Uit onderzoek van Schmilewski (2007) kan worden opgemaakt dat vlas een geschikt materiaal is, om te verwerken in substraten. Daarnaast vermeldt een andere studie te hebben

geëxperimenteerd met vlasscheven in combinatie met andere bestanddelen, als mengsubstraat voor de tomatenteelt. Hieruit bleek dat het mengsubstraat met vlasscheven goede fysische eigenschappen bevatte (zoals een stabiele structuur en een goede water/lucht balans). Hieruit kan worden opgemaakt dat vlas vergeleken met de andere plantaardige reststromen al wel kan worden toegepast in substraten en dat daarop een groentegewas kan groeien. Middels de verwerkingsmethode van Newfoss, zijn vlas en hennep planten al met succes verwaard tot bruikbare vezels als isolatiemateriaal. Echter, het is nog onbekend of vlasscheven hiermee geschikt kunnen worden gemaakt voor het gebruik in substraten. Zonder goede bewerkingsmethode zijn zowel vlas, olifantsgras en hennep nog niet waardig als bestanddeel in substraat (Sjors Beijer, persoonlijke communicatie, 31 mei 2019).

De CO_2-voetafdruk zowel vlas, kenaf, olifantsgras als hennep lager dan dat van steenwol blijkt uit de resultaten. Planten nemen tijdens de groei CO_2 op, wat een voordeel is ten opzichte van anorganisch materiaal (De Bont et al., 2008). Door het vastleggen van CO_2 en het feit dat de gewassen hernieuwbare grondstoffen zijn, leveren deze een positieve bijdrage aan het verdere opwarmen van de aarde (De Bont et al., 2008).

4.2 Onderzoeksaanpak

Middels literatuuronderzoek en verkregen kennis vanuit de praktijk is onderzocht welke schaalbare plantaardige reststromen binnen Europa beschikbaar zijn, aan welke eisen een substraat moet voldoen voor de groei van groentegewassen en in hoeverre plantaardige reststromen kunnen worden verwerkt tot bruikbaar substraat met een zo laag mogelijke milieubelasting.

Over vlas, olifantsgras en hennep is bekend dat dit gewassen zijn waarvan een plantaardige reststromen overblijven die nog niet worden benut. Wat kenaf betreft, is in literatuur informatie gevonden over kenafvezel, wat van plantaardige oorsprong is en al wel op grote schaal geteeld wordt buiten Europa, maar geen reststroom is en ook nog niet beschikbaar is binnen Europa. Gezien de plantaardige oorsprong, de beschikbare omvang waarmee kenafvezel in Oost- en Zuidoost-Azië geteeld wordt én er onderzoek gaande is gezien de interesse binnen Europa en China naar kenafvezel, is ervoor gekozen om kenaf verder te onderzoeken binnen dit onderzoek. Achteraf gezien, bleek er weinig informatie over kenaf te vinden, waar de praktische haalbaarheid van kenaf vergeleken met de andere gevonden plantaardige reststromen minder betrouwbaar is.

In het bijbehorend vooronderzoek van dit afstudeerwerkstuk stond dat eerst de deelvraag betreffende de beschikbaarheid van plantaardige reststromen zou worden behandeld, gevolgd door de deelvraag over eisen voor substraat. In het afstudeerwerkstuk zijn deze deelvragen omgedraaid, om een betere opbouw te krijgen in het verslag en omdat de informatieverzameling gedaan is op volgorde van de deelvragen zoals deze nu in het verslag vermeld staan.

4.2.1 Deelvraag 1

In het bijbehorend vooronderzoek van dit afstudeerwerkstuk stond omschreven dat voor de beantwoording van deelvraag 1 naar informatie zou worden gezocht over het vochtvasthoudend vermogen en de balans van het water- en luchtgehalte, waarin het criterium water absorberend vermogen stond aangegeven, maar wat de balans tussen water- en luchtgehalte niet dekt. Om iets te kunnen zeggen over de bruikbaarheid van een substraat is de balans tussen het water- en luchtgehalte van een substraat van belang (Aendekerk et al., z.d.). Een waterretentiecurve (pf-curve) karakteriseert de fractieverdeling van water, lucht en vaste fase van een bepaald materiaal (Aendekerk et al., z.d.). Echter, een waterretentie curve van de plantaardige reststroommaterialen is in literatuur niet gevonden gezien natuurlijke vezels vooral worden gebruikt in de composietenindustie en niet voorkwamen in plantgerelateerde onderzoeken. Informatie over de bulkdichtheid en het poriënvolume van de plantaardige reststroom materialen kon meestal wel worden gevonden, daarom

is voor deze criteria gekozen. Echter, om een meer betrouwbare uitspraak te kunnen doen de bekenis van deze fysische kenmerken, zullen de plantaardige materialen met meer experimenteel onderzoek moeten worden onderzocht. De informatie uit literatuur die gevonden is, is wel wetenschappelijk. De zichten die hiermee verkregen zijn kunnen wellicht een opstap zijn voor verder experimenteel onderzoek.

4.2.2 Deelvraag 2

Middels literatuur zijn er enkele beschikbare plantaardige reststromen gevonden, die binnen Europa beschikbaar zijn en van voldoende omvang zijn om impact te kunnen realiseren. Er werd informatie gevonden over de totale massa hoeveelheid in ton per jaar van de plantaardige materialen. Vervolgens werd informatie over het reststroom percentage gevonden, waarmee vervolgens een berekening is gemaakt van het reststroomvolume. Op voorhand was bekend dat er nog geen plantaardige materialen op grote schaal worden toegepast en dat juist de schaalbaarheid van belang is om voldoende impact te kunnen realiseren (zie inleiding). Toch kon met literatuuronderzoek worden omschreven welke plantaardige materialen beschikbaar zijn binnen Europa en in welke hoeveelheid, maar de informatie over de beschikbaarheid en de continuïteit bevatten relatief weinig bronnen. Desondanks, zijn de resultaten over de beschikbaarheid van de plantaardige reststromen wel verkregen uit recente bronnen uit wetenschappelijke literatuur.

4.2.3 Deelvraag 3

Bulkdichtheden en poriënvolumes zijn verkregen uit verschillende bronnen. Met deze methodiek is er een gemiddelde genomen van gevonden resultaten die verkregen werden uit verschillende studies, wat een nadeel kan zijn gezien deze onderzoeken niet op elkaar zijn afgestemd. Door variaties in deeltjesgrootte kunnen bulkdichtheden van materialen verschillen (Rahman et al., 2017). Verschillende studies hebben verschillende materiaalmonsters, wat de vergelijking op deze manier minder betrouwbaar maakt. Daarnaast moet worden opgemerkt dat de overeenkomstigheid van bulkdichtheid en poriënvolume tussen de plantaardige materialen en de huidige substraatmaterialen niet bepaalt of de mate waarin een plantaardig materiaal wel of niet geschikt zou kunnen zijn voor toepassing als alternatief substraat, zonder dat hiernaar experimenteel onderzoek naar gedaan is. Als er in literatuur informatie bekend was over de bulkdichtheid en/of het poriën volume van de gevonden plantaardige materialen, maar niet overeenkomstig is met refererende substraten (zie bijlage III) is gekozen om de score ‘1’ te geven. Het feit dat hierover informatie gevonden is, is daarmee als zijnde ‘positief beoordeeld’ ten opzichte van ‘0’ (geen informatie over bekend). Echter de bulkdichtheid en/of het poriënvolume van materialen die score ‘1’ hebben gekregen kwamen niet overeen met de referende substraten, maar dat bekent niet dat het materiaal per definitie ongeschikt zou zijn om te gebruiken als alternatief bestanddeel in substraten, omdat informatie hierover nog onbekend is. Daarnaast moet rekening worden gehouden met het feit dat de referende substraten lijst (zie bijlage III) verkregen is uit een bron van 1993. Tegenwoordig zijn er al veel meer verschillende bestanddelen bruikbaar in substraten, die niet op de referentie lijst staan vermeld. Echter een recent overzicht van bulkdichtheden en poriënvolume van materialen die tegenwoordig worden gebruikt in substraten is niet gevonden. Daarnaast blijkt uit de resultaten dat er nog veel verschillende voorwaarden (chemische- fysische- en biologische-eigenschappen) zijn waaraan een substraat moet kunnen voldoen om geschikt te kunnen zijn als groeimedium voor planten. Doordat alleen fysische kenmerken zijn gevonden in studies over het industrieel gebruik van de gevonden natuurlijke materialen, zijn de resultaten minder van betekenis, dan wanneer deze materialen zouden zijn getest in plant- en substraatgerelateerde onderzoeken.

In literatuur is relatief weinig informatie bekend over het verwerken van plantaardige reststromen tot bruikbaar substraat. De gevonden plantaardige reststroommaterialen worden met name toegepast in

andere sectoren (linnenindustrie/autobranche/energie), daarom gaan veel studies over het verwerkingsproces van plantaardige vezels voor toepassing als composiet of als isolatiemateriaal, maar niet over verwerkingstoepassingen als bestanddeel voor in substraten. De praktijkkennis vanuit het bedrijfsleven is hierin een goede aanvulling geweest, omdat daardoor informatie verkregen werd over een het bedrijf 'Newfoss', dat gespecialiseerd is in het verwerken van plantaardige restproducten. Dit bedrijf heeft al ervaring met het verwerken van vlas en hennep (Newfoss, z.d.) en kan wellicht ook interessant zijn voor de andere plantaardige reststroommaterialen.

De CO_2-voetafdruk van de verschillende plantaardige materialen zijn vergeleken met steenwol. De verwerking van plantaardige reststromen verschilt, bovendien is er geen informatie bekend over de toepassing als alternatief substraat en wat de emissie uitstoot daarvan zou zijn. De informatie in de resultaten laten dus uitsluitend zien wat de CO_2-voetafdruk is van een plantaardig materiaal zoals dat op dit moment verwerkt wordt in een bepaalde keten. Tártaro et al. (2017) vermeldt dat er is een gebrek aan kwantitatieve informatie over de milieuprestaties van kenaf, hennep en vlas (Tártaro et al., 2017). Dit verklaart dat de informatie die gevonden is over de CO_2-voetafdruk van kenaf, hennep en vlas enkel afkomstig is uit recent onderzoek van De Beus et al. (2019). Echter, De Beus et al. (2019) zijn onderzoekers van het 'Nova-Institute' (waar het onderzoek is uitgevoerd), die gespecialiseerd zijn in onderzoek gericht op 'bio-based'- en CO_2-gebaseerde economie (Nova, z.d.). Hiermee wordt de informatie die gevonden is wel als betrouwbaar en wetenschappelijk beschouwd.

4.3 Discussie type onderzoek

Middels kennis van organisaties en wetenschappelijke literatuur is gepoogd om resultaten te verkrijgen die praktische kennis (werkelijkheid) combineren met theoretische kennis uit de wetenschap. De combinatie van literatuuronderzoek en het benaderen van bedrijven voor kennis uit de praktijk past bij het doel van dit onderzoek, omdat verkregen informatie uit praktijk soms aanvullend was voor de ontbrekende kennis in de wetenschap en andersom. Met literatuuronderzoek is inzicht gekregen in welke plantaardige reststroommaterialen binnen Europa beschikbaar zijn. De praktijkkennis is daarin een aanvulling geweest, omdat daarmee ook informatie werd gekregen over welke plantaardige materialen een reststroom zijn. Betreffende deelvraag 1 is zowel wetenschappelijke als niet-wetenschappelijke informatie gecombineerd met de kennis van substratenleverancier Klassmann-Deilmann. Hierdoor is veel informatie verkregen over de eisen waaraan een substraat moet voldoen. In literatuur wordt informatie over substraateisen gevonden (dat zijn vaak experimentele studies), maar de bedrijven die substraten wel of niet goedkeuren, beschikken over de meest actuele randvoorwaarden daarvoor. Hierin is niet-wetenschappelijke literatuur (website van RHP) en informatie van Klasmann-Deilmann een goede combinatie geweest. De praktische haalbaarheid omtrent de fysische kenmerken van de plantaardige reststromen is middels literatuuronderzoek moeilijk vast te stellen. Dit onderzoek heeft inzicht gegeven in welke informatie hierover in de wetenschap en vanuit het bedrijfsleven bekend is. Middels de verkregen informatie is duidelijk geworden dat er een gebrek is aan plant- en substraatgerelateerde fysische kenmerken van plantaardige reststromen. Met name voor haalbaarheid omtrent de fysische eigenschappen in deelvraag 3, bleek een literatuurstudie minder geschikt te zijn. De verwerkingsmethode van Newfoss en de toepassing van vlasscheven in substraten is middels praktijkkennis en litertuur verkregen. Hieruit blijkt dat de combinatie van wetenschap en praktijk goed is geweest, omdat de informatie hierover interessante ontwikkelingen laat zien op het gebied van plantaardige materialen en de toepassingen daarvan.

4.4 Beoordeling van verkregen informatie

In het overzicht van gebruikte bronnen voor het resultatenhoofdstuk zijn weergegeven in een referentiematrix (zie bijlage IV). De referentiematrix laat zien dat het merendeel van de bronnen uit literatuur, niet ouder zijn dan 10 jaar en dat er bronnen zijn met meerdere citaten.

Aan de contactpersonen van benaderde bedrijven is gevraagd of het gesprek kon worden opgenomen, om de uitwerking van de verkregen informatie te vergemakkelijken en de betrouwbaarheid te behouden. Het opgenomen gesprek met Rob van der Meer (Maan Biobased) is daarmee schriftelijk uitgewerkt vanuit de opname. Het telefonisch gesprek met Sjors Beijer (Klassmann-Deilmann) is niet opgenomen en daarom (na schriftelijke uitwerking) laten controleren. Sjors Beijer heeft bevestigd dat de gedeelde informatie, door schriftelijke verwerking met een juiste manier is geformuleerd. De informatie-uitwisseling met VitroPlus is via emailcontact verlopen. Een document met vragen is uitgewisseld, waarop schriftelijk antwoord is gegeven door Saskia Mol.

De praktijkkennis van Rob van der Meer en Sjors Beijer zijn verkregen door gesprekken, hierdoor was doorvragen op antwoorden mogelijk, waardoor veel informatie en meer onderbouwde informatie werd verkregen. De informatie van Saskia Mol is alleen per email verkregen, wat een nadeel is ten opzichte van een gesprek. Hierdoor is minder informatie verkregen en ook van mindere kwaliteit gezien er weinig beargumentatie gegeven werd. Kortom, de informatie vanuit Rob van der Meer en Sjors Beijer waren het meest uitgebreid en onderbouwd, waardoor de informatie kon worden gebruikt in dit onderzoek. De informatie die alleen schriftelijk is verkregen per email is wel bruikbaar geweest om kennis te delen over het onderwerp, maar is niet gebruikt ter aanvulling in dit onderzoek.

4.5 Reikwijdte resultaten

De uitkomsten van dit onderzoek verkregen uit literatuur en praktijkkennis geeft een nieuw inzicht over welke plantaardige reststromen op grote schaal beschikbaar zijn binnen Europa en de mate waarin plantaardige reststroommaterialen toepasbaar zijn als mogelijk alternatief substraat ter verduurzaming van de huidige substratenteelt. Deze informatie is interessant voor substratenleveranciers die ook zoekende zijn naar alternatieve plantaardige materialen, omdat die met de uitkomsten mogelijk verder experimenteel onderzoek zouden kunnen oppakken. Daarnaast is de gevonden informatie interessant voor bedrijven zoals Newfoss, die over techniek beschikken waarmee plantaardige reststroommaterialen kunnen worden opgewaardeerd. Als schakel in de verwerkingsketen zouden bedrijven zoals Newfoss wellicht geïnteresseerd kunnen zijn in de plantaardige materialen die op dit moment nog niet worden benut, om te ontdekken welke plantaardige materialen nog meer met die techniek verwerkt kunnen worden tot bruikbaar (substraat) product. Tot slot, deze resultaten zijn interessant voor bedrijven die met een reststroom van vlas, kenaf, olifantsgras, hennep of andere plantaardige reststromen kampen, om te lezen welke reststromen een nuttige bijdrage zouden kunnen leveren aan de substratenteelt.

5. Conclusie en aanbevelingen

Het doel van dit onderzoek was om te omschrijven welke schaalbare plantaardige reststromen beschikbaar zijn binnen Europa als mogelijk alternatief voor steenwolsubstraat, waarmee werd verwacht een bijdrage te kunnen leveren aan het verduurzamen van de substratenteelt in de glastuinbouw in Europa. In dit onderzoek is omschreven welke plantaardige reststromen op grote schaal beschikbaar zijn binnen Europa, aan welke eisen een substraat moet voldoen voor de groei van groentegewassen en wat de praktische haalbaarheid is van plantaardige reststromen om te kunnen worden toegepast als alternatief substraat beoordeeld op verwerking en CO_2-voetafdruk.

5.1 Beantwoording deelvragen

Aan welke eisen moet een alternatief substraat voldoen voor de groei van groentegewassen?

Een substraat moet voldoen aan bepaalde kwaliteitskenmerken. Substraat moet vrij zijn van pathogenen, mag geen onzuivere bestanddelen bevatten (cytotoxische stoffen) en moet een goede balans hebben tussen het water- en luchtgehalte. Substraten die aan deze kwaliteitskenmerken voldoen hebben een RHP-keurmerk en kunnen worden gebruikt als groeimedium voor planten. Voor nieuwe substraten van de toekomst zijn kenmerken van belang zoals, stabiele structuur, beschikbaarheid wereldwijd, biologisch afbreekbaar of recyclebaar, een lage stikstofimmobilisatie, laag zout en voedingsstoffen gehalte, hoge porositeit en waterhoudend vermogen, lage dichtheid, biedt wortelstabiliteit en is bestendig tegen microbiële afbraak in broeikasomstandigheden.

Welke schaalbare plantaardige reststromen zijn beschikbaar binnen Europa?

Er zijn drie plantaardige reststromen gevonden namelijk, vlas, olifantsgras en hennep die schaalbaar beschikbaar binnen Europa, waarvan hennep qua hoeveelheid het meest beschikbaar is. Over kenaf is bekend dat het op dit moment nog niet wordt geteeld binnen Europa, maar dat hier wel onderzoek naar gedaan wordt. Daarnaast is nog onbekend of daar een plantaardige reststroom van overblijft.

Wat is de praktische haalbaarheid van plantaardige reststromen als alternatief substraat om met een lage milieu-impact groentegewassen te kunnen telen?

De gevonden plantaardige reststroommaterialen hebben een goed absorberend vermogen, maar moeten nog verder worden onderzoek op meer fysische kenmerken die plant- en substraat gerelateerd zijn.

Enkel voor de plantaardige reststroom van vlas is gevonden dat hiermee wordt geëxperimenteerd in een mengsubstraat voor de tomatenteelt. Er is geen informatie gevonden over toepassingen van plantaardige reststromen met betrekking tot de verwerking daarvan tot bruikbaar substraat, maar er is wel een verwerkingstechniek gevonden waarmee plantaardige reststromen kunnen worden verwaard.

Vlas, kenaf en hennep hebben een lagere CO_2-voetafdruk, dan anorganische materialen waaronder steenwol. Dit betreft de CO_2-voetafdruk zoals deze materialen op dit moment worden verwerkt. Er is geen informatie gevonden over de CO_2-voetafdruk, maar gezien de plantaardige oorsprong wordt aangenomen dat olifantsgras een lagere CO_2-voetafdruk zal hebben dan steenwol. Op dit moment is het nog niet haalbaar om plantaardige reststroommaterialen te verwerken tot alternatief substraat en daarmee een uitspraak te kunnen doen over de impact van plantaardige reststroommaterialen als alternatief substraat met een zo laag mogelijke milieubelasting.

5.2 Beantwoording hoofdvraag

In hoeverre kunnen schaalbare plantaardige reststromen worden toegepast als alternatief substraat om het gebruik van steenwol te kunnen reduceren in de Europese groententeelt?

Met dit onderzoek is inzicht gekregen in welke schaalbare plantaardige reststromen binnen Europa beschikbaar zijn, namelijk vlas, olifantsgras en hennep. De beschikbare hoeveelheden van deze reststromen hebben potentie om het grondstofgebruik van steenwol te kunnen reduceren. Er is een verwerkingsmethode gevonden waarmee plantaardige reststromen kunnen worden verwaard tot bruikbaar product, maar waarvan onbekend is of plantaardige reststromen daarmee bruikbaar worden om te kunnen verwerken als alternatief substraat. De plantaardige reststromen zijn niet pathogenen vrij en te weinig onderzocht op verdere kwaliteitskenmerken waaraan materialen moeten voldoen om geschikt te kunnen zijn als substraat.

5.3 Aanbevelingen

In literatuur is weinig informatie gevonden over de fysische eigenschappen van de plantaardige materialen. De verkregen kennis uit praktijk heeft dit niet kunnen aanvullen, gezien deze materialen nog niet getest zijn. De gevonden fysische eigenschappen zoals bulkdichtheid en het poriënvolume zijn bekend, maar er zijn nog veel meer kwaliteitskenmerken waarnaar verder onderzoek nodig is. Verder onderzoek is nodig naar de fysische kenmerken zoals het waterretentievermogen, zouden een indicatie kunnen geven over de fractieverdeling water/lucht en vaste fase. Dit is zou interessant zijn om op korte termijn te onderzoeken, omdat daarmee een meer inzicht kan worden verkregen over de geschiktheid van het materiaal voor de groei van planten.

Daarnaast is relatief weinig informatie gevonden over de toepassing van plantaardige reststromen als substraat en hoe deze plantaardige reststromen dan precies verwerkt kunnen worden om dit mogelijk te maken. Verder onderzoek daarnaar zou interessant zijn voor de nabije toekomst.

Indien meer informatie kan worden verkregen over de fysische eigenschappen en de verwerkingsmethodes om plantaardige reststromen te kunnen gebruiken als substraat, zou kunnen worden onderzocht wat de milieu-impact is van deze verwerkingsmethoden. Daarmee kan wellicht worden aangegeven of plantaardige materialen interessant zijn om de substratenteelt in Europa te kunnen verduurzamen.

Referenties

ABN-AMRO. (2017). *Alles van waarde.* Geraadpleegd op 12 april 2019, van https://www.duurzaam-ondernemen.nl/wordpress/wp-content/uploads/2017/08/ABN-AMRO-Circulair-rapport-Alles-van-waarde_industrie-augustus-2017-onder-embargo-tot-en-met-17-augustus-2017-06.00-uur-1.pdf

Aendekerk, T. G. L., Cevat, H., Dolmans N., Van Elderen, C., Kipp, J. A., De Kreij, C., Sonneveld, C., Verhagen, J. B. G. M. & Wever, G. (z.d.) *Substraat.* Geraadpleegd op 4 juni 2019, van http://edepot.wur.nl/384026

Akil, H., Omar, M. F., Mazuki, A. A. M., Safiee, S. Z. A. M., Ishak, Z. M., & Bakar, A. A. (2011). Kenaf fiber reinforced composites: A review. *Materials & Design*, *32* (8-9), p. 4107-4121. doi: 10.1016/j.matdes.2011.04.008

Alexopoulou, E., Li, D., Papatheohari, Y., Siqi, H., Scordia, D., & Testa, G. (2015). How kenaf (Hibiscus cannabinus L.) can achieve high yields in Europe and China. *Industrial crops and products*, *68*, p. 131-140. doi: 10.1016/j.indcrop.2014.10.027

Alkemade, F., Hekkert, M., & Farla, J. (2010). *The innovation system for the Dutch greenhouse sector in 2020.* Geraadpleegd op 3 mei 2019, van https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/200244

Allaire, S. E., Caron, J., Ménard, C., & Dorais, M. (2005). Potential replacements for rockwool as growing substrate for greenhouse tomato. *Canadian journal of soil science*, *85* (1), p. 67-74. doi:10.4141/S04-026

Almer, C., & Winkler, R. (2017). Analyzing the effectiveness of international environmental policies: The case of the Kyoto Protocol. *Journal of Environmental Economics and Management*, *82*, p. 125-151. doi: 10.1016/j.jeem.2016.11.003

Amaducci, S., Scordia, D., Liu, F. H., Zhang, Q., Guo, H., Testa, G., & Cosentino, S. L. (2015). Key cultivation techniques for hemp in Europe and China. *Industrial Crops and Products*, *68*, p. 2-16. doi: 10.1016/j.indcrop.2014.06.041

Anderson, E., Arundale, R., Maughan, M., Oladeinde, A., Wycislo, A., & Voigt, T. (2011). Growth and agronomy of Miscanthus x giganteus for biomass production. *Biofuels*, *2* (1), p. 71-87. doi:10.4155/bfs.10.80

Antón, A., Torrellas, M., Montero, J. I., Ruijs, M., Vermeulen, P., & Stanghellini, C. (2010). Environmental impact assessment of Dutch tomato crop production in a Venlo glasshouse. In *XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on 927*, p. 781-791. doi: 10.17660/ActaHortic.2012.927.97

Ayadi, R., Hanana, M., Mzid, R., Hamrouni, L., Khouja, M. L., & Salhi Hanachi, A. (2017). Hibiscus cannabinus L.–kenaf: a review paper. *Journal of Natural Fibers*, *14* (4), p. 466-484. doi:10.1080/15440478.2016.1240639

Bakatovich, A., Davydenko, N., & Gaspar, F. (2018). Thermal insulating plates produced on the basis of vegetable agricultural waste. *Energy and Buildings*, *180*, p. 72-82. doi: 0.1016/j.enbuild.2018.09.032

Baley, C., Le Duigou, A., Morvan, C., & Bourmaud, A. (2018). Tensile properties of flax fibers. In *Handbook of Properties of Textile and Technical Fibres,* p. 275-300. doi: 10.1016/B978-0-08-101272-7.00008-0

Barrett, G. E., Alexander, P. D., Robinson, J. S., & Bragg, N. C. (2016). Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems–A review. *Scientia Horticulturae*, *212*, p. 220-234. doi: 10.1016/j.scienta.2016.09.030

Bougoul, S., & Boulard, T. (2006). Water dynamics in two rockwool slab growing substrates of contrasting densities. *Scientia horticulturae*, *107* (4), p. 399-404. doi: 10.1016/j.scienta.2005.11.007

Boulard, T., Raeppel, C., Brun, R., Lecompte, F., Hayer, F., Carmassi, G., & Gaillard, G. (2011). Environmental impact of greenhouse tomato production in France. *Agronomy for sustainable development*, *31* (4), p. 757.

Bourdot, A., Moussa, T., Gacoin, A., Maalouf, C., Vazquez, P., Thomachot-Schneider, C., Bliard, C.,

Merabtine, A., Lachi, M., Douzane, O., Karaky, H. & Polidori, G. (2017). Characterization of a hemp based agro-material: Influence of starch ratio and hemp shive size on physical, mechanical, and hygrothermal properties. *Energy and Buildings*, *153*, p. 501-512. doi: 10.1016/j.enbuild.2017.08.022

Bourguignon, M., Moore, K., Lenssen, A., Archontoulis, S., Stokke, D. & Baldwin, B. (2017). Kenaf Productivity as Affected by Agricultural Practices in Iowa. *Crop Science*, *57* (6), p. 3252-3263. doi:10.2135/cropsci2017.01.0057

Brandhorst, J., Spritzendorfer, J., Gildhorn, K., & Hemp, M. (2012). Insulating materials from renewable raw materials. *Daemmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen*.

Burnett, S. E., Mattson, N. S., & Williams, K. A. (2016). Substrates and fertilizers for organic container production of herbs, vegetables, and herbaceous ornamental plants grown in greenhouses in the United States. *Scientia Horticulturae*, *208*, p. 111-119. doi: 10.1016/j.scienta.2016.01.001

Bussell, W. T., & McKennie, S. (2004). Rockwool in horticulture, and its importance and sustainable use in New Zealand. *New Zealand journal of crop and horticultural science*, 32 (1), p. 29-37. doi: 10.1080/01140671.2004.9514277

Cannabis Invest. (2019). Industriële hennep productie. Geraadpleegd op 9 juni 2019, van https://cannabisaandelen.nl/archieven/489

Carus, M. (2017). *The European Hemp Industry: Cultivation, processing and applications for fibres, shivs, seeds and flowers.* Geraadpleegd op 2 juni 2019, van http://eiha.org/media/2017/12/17-03_European_Hemp_Industry.pdf

Carus, M., Karst, S., Kauffmann, A., Hobson, J. & Bertucelli, S. (2013). *The European Hemp Industry: Cultivation, processing and applications for fibres, shivs and seeds.* Geraadpleegd op 2 juni 2019, van https://www.votehemp.com/wp-content/uploads/2018/09/13-03_European_Hemp_Industry.pdf

Célino, A., Fréour, S., Jacquemin, F., & Casari, P. (2014). The hygroscopic behavior of plant fibers: a review. *Frontiers in chemistry*, *1*, (43), doi: 10.3389/fchem.2013.00043

Cherney, J., & Small, E. (2016). Industrial hemp in North America: production, politics and potential. *Agronomy*, *6* (4), p. 58. doi: 10.3390/agronomy6040058

CIVTU. (z.d.). *Biobased Economy: Toepassing van Biobased principes in de Tuinbouwen Uitgangsmaterialensector.* Geraadpleegd op 10 mei 2019, van https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/131a99801e1e13a92366a1b2b5e9516681f4fc4f.pdf

Clemons, C. M. (2010). *Natural fibers.* Geraadpleegd op 1 juni 2019, van https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2005/fpl_2005_clemons002.pdf

Coelho, A., & De Brito, J. (2013). Economic viability analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal–part I: location, materials, technology and economic analysis. *Journal of Cleaner Production*, *39*, p. 338-352. doi: 10.1016/j.jclepro.2012.08.024

Dannehl, D., Taylor, Z., Suhl, J., Miranda, L., Fitz-Rodriguez, E., Lopez-Cruz, I., Rojano-Aguilar, A., Navas-Gomez, G. & Schmidt, U. (2017). Sustainable Cities: Viability of a Hybrid Aeroponic/Nutrient Film Technique System for Cultivation of Tomatoes. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*, *11* (6), p. 470-477.

De Beus, N., Carus, M. & Barth, M. (2019). *Carbon Footprint and Sustainability of Different Natural Fibres for Biocomposites and Insulation Material.* Gedownload op 23 mei 2019, van http://bio-based.eu/ecology/

De Bont, C. J. A. M., Jager, J. H. & Janssens, S. R. M. (2008). *Vlas en vezelhennep en herziening van het EU-beleid.* Geraadpleegd op 8 juni 2019, van http://edepot.wur.nl/27717

Derkx, M. P. M., & Baltissen, A. H. M. C. (2014). *Biomassa.* Geraadpleegd op 1 juni 2019, van

https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/338879
Di Lorenzo, R., Pisciotta, A., Santamaria, P., & Scariot, V. (2013). From soil to soil-less in horticulture: quality and typicity. *Italian Journal of Agronomy*, *8* (4), p. 30. doi: 10.4081/ija.2013.e30
Dutch Biorefinery Cluster. (2013). *Opmars van vlas en hennep.* Geraadpleegd op 25 mei 2019, van https://www.dutchbiorefinerycluster.nl/nieuws/nieuwsarchief/opmars-van-vlas-en-hennep/36
Eberts, D. J., & Kostelecky, T. M. (2018). *United States patent application publication.* Geraadpleegd op 6 juni 2019, van https://patentimages.storage.googleapis.com/55/9d/9e/4a07 da8d39f254/US20180265705A1.pdf
Ehret, D., Alsanius, B., Wohanka, W., Menzies, J., & Utkhede, R. (2001). Disinfestation of recirculating nutrient solutions in greenhouse horticulture. *Agronomie*, *21* (4), p. 323-339. doi: 10.1051/agro:2001127
El-Hanafy, S. H., Helmy, S. S., Dahab, A. A., Metwally, N. E., & Hamed, W. R. (2018). Soilless culture technique for producing Gladiolus (*Gladiolus grandiflorus*). *Middle East Journal of Applied Sciences*, 8 (04), p. 1080-1093.
Elopak. (2016). *Feestelijke opening van 'allesetende' pulplijn.* Geraadpleegd op 24 mei 2019, van http://www.elopak.com/nl/news-media/news/news/feestelijke-opening-van-allesetende-pulplijn--van-houtum-maakt-wc-papier-van-gebruikte-drankenkartons
Evon, P., Barthod-Malat, B., Grégoire, M., Vaca-Medina, G., Labonne, L., Ballas, S., Véronèse, T. & Ouagne, P. (2019). Production of fiberboards from shives collected after continuous fiber mechanical extraction from oleaginous flax. *Journal of Natural Fibers*, *16* (3), p. 453-469. doi: 10.1080/15440478.2017.1423264
Ferdous, S., & Hossain, M. S. (2017). Natural Fibre Composite (NFC): New Gateway for Jute, Kenaf and Allied Fibres in Automobiles and Infrastructure Sector. *World Journal of Research and Review*, *5* (3), P. 35-42.
Fernando, A. L., Duarte, M. P., Vatsanidou, A., & Alexopoulou, E. (2015). Environmental aspects of fiber crops cultivation and use. *Industrial Crops and Products*, *68*, p. 105-115. doi: 10.1016/j.indcrop.2014.10.003
FIBRA. (2012). *Fibra network.* Geraadpleegd op 14 mei 2019, van http://www.fibrafp7.net/
Fiore, V., Di Bella, G., & Valenza, A. (2015). The effect of alkaline treatment on mechanical properties of kenaf fibers and their epoxy composites. Composites Part B: Engineering, 68, p. 14-21. doi: 10.1016/j.compositesb.2014.08.025
Food Cabinet. (2016). *Opzoek naar verwaarding van groentereststromen.* Geraadpleegd 12 april 2019, van https://www.greenportnhn.nl/sites/default/files/nieuws/greenportnhn_ marktverkenning_op_zoek_naar_verwaarding_van_reststromen_1juli2016.pdf
Foulk, J. A., Fuqua, M. A., Ulven, C. A., & Alcock, M. M. (2010). Flax fibre quality and influence on interfacial properties of composites. *International Journal of Sustainable Engineering*, *3* (1), p. 17-24. doi: 10.1080/19397030903348710
Geurts-Jeuken, P.E.M. & Meijer WJ.M. (1988). *Kenaf Potentieel nieuw gewas als grondstof voor de papierfabricage*. Geraadpleegd op 14 mei 2019, van http://edepot.wur.nl/331324
Ghoreishy, F., Ghehsareh, A. M., & Fallahzade, J. (2018). Using composted wheat residue as a growth medium in culture of tomato. *Journal of Plant Nutrition*, *41* (6), p. 766-773. doi: 10.1080/01904167.2018.1425439
Gismatulina, Y. A., & Budaeva, V. V. (2017). Chemical composition of five Miscanthus sinensis harvests and nitric-acid cellulose therefrom. *Industrial crops and products*, *109*, p. 227-232. doi: 10.1016/j.indcrop.2017.08.026
Gissén, C., Prade, T., Kreuger, E., Nges, I. A., Rosenqvist, H., Svensson, S. E., Lantz, M., Mattson, J. E., Björnsson, P. & Björnsson, L. (2014). Comparing energy crops for biogas production–Yields, energy input and costs in cultivation using digestate and mineral fertilisation. Biomass and bioenergy, 64,

p. 199-210. doi: 10.1016/j.biombioe.2014.03.061
Griswold, J., Griswold, M. & Coye-Huhn, S. (2018). *Miscanthus absorbent product and methods of producing the same.* Gedownload op 5 juni 2019, van https://patents.google.com/patent/US20180359988A1/en
Gruda, N., & Schnitzler, W. H. (2004). Suitability of wood fiber substrate for production of vegetable transplants: I. Physical properties of wood fiber substrates. *Scientia Horticulturae*, *100* (1-4), p. 309-322. doi: 10.1016/j.scienta.2003.10.001
Grunert, O., Hernandez-Sanabria, E., Vilchez-Vargas, R., Jauregui, R., Pieper, D. H., Perneel, M., Van Labeke, M.C., Reheul, D. & Boon, N. (2016). Mineral and organic growing media have distinct community structure, stability and functionality in soilless culture systems. *Scientific reports*, *6*, 18837.
HAN. (2016). *Bioraffinage maakt afval een probleem van het verleden*. Geraadpleegd op 24 mei 2019, van https://specials.han.nl/sites/seece/actueel/nieuws/bioraffinage-maakt-afval-/index.xml
Hao, W., Xu, J., Li, R., Zhao, X., Qiu, L., & Yang, W. (2019). Developing superhydrophobic rock wool for high-viscosity oil/water separation. *Chemical Engineering Journal*, *368*, p. 837-846. doi: 10.1016/j.cej.2019.02.161
Harmsen, P. & Bos, H. (2010). Communicatie Biobased Economy. Geraadpleegd op 2 juni 2019, van https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/50566
Hempflax. (z.d.). *De hennepplant.* Geraadpleegd op 23 mei 2019, van https://www.hempflax.com/hennepplant/
Het Groene Brein. (z.d.). *Papier van Olifantsgras*. Geraadpleegd op 24 mei 2019, van https://hetgroenebrein.nl/project/papier-van-olifantsgras/
Honic, M., Kovacic, I., & Rechberger, H. (2019). Improving the recycling potential of buildings through Material Passports (MP): An Austrian case study. *Journal of cleaner production*, *217*, p. 787-797. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.01.212
Huis, L. (2009). *Rationeel beleggen in woningen met GIS.* Geraadpleegd op 16 april 2019, van http://edepot.wur.nl/340742
Iperen. (2018). *Een betere bodem.* Geraadpleegd op 30 mei 2019, van https://www.iperen.com/wp-content/uploads/2018/10/Marcel-Straatman_Heicom.pdf
Islam, M. M. (2019). Varietal Advances of Jute, Kenaf and Mesta Crops in Bangladesh: A Review. *Bioorganic Chemistry*, *4* (1), p. 24-41. doi: 10.11648/j.ijbc.20190401.15
Jhala, A. J., & Hall, L. M. (2010). Flax (Linum usitatissimum L.): current uses and future applications. *Australian Journal of basic and Applied Sciences, 4* (9), p. 4304-4312.
Jiang, Y., Lawrence, M., Hussain, A., Ansell, M., & Walker, P. (2019). Comparative moisture and heat sorption properties of fibre and shiv derived from hemp and flax. *Cellulose*, *26* (2), p. 823-843.
Kaniszewski, S., Dyśko, J., Kowalczyk, W., Wojtysiak, J., Wrocławski, Z., & Moraczewski, A. (2010). *Assessment of the changes in the physical properties of fibrous organic substrates in soilless culture of tomato.* Geraadpleegd op 3 juni 2019, van https://www.actahort.org/members/showpdf?booknrarnr=927_101
Kamal, I. B. (2014). Kenaf for biocomposite: an overview. *Journal of Science and Technology*, *6* (2), p. 41-66.
Karus, M. (2005). *European hemp industry 2001 till 2004: Cultivation, raw materials, products and trends.* Geraadpleegd op 5 juni 2019, van http://eiha.org/media/attach/10/05-02_EU-EIHA_e.pdf
Kennedy, C. A., Stewart, I., Facchini, A., Cersosimo, I., Mele, R., Chen, B., Uda, M., Kansal, A., Chiu, A., Kim, K., Dubeux, C., Lebre La Rovere, E., Cunha, B., Pincetl, S., Keirstead, J., Barles, S., Pusaka, S., Gunawan, J., Adegbile, M., Nazariha, M., Hoque, S., Marcotullio, P. J., González Otharán, F., Genena, T., Ibrahim, N., Farooqui, R., Cervantes, G. & Duran Sahin, A. (2015). Energy and material flows of megacities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *112* (19), p. 5985-5990. doi:

10.1073/pnas.1504315112
Keyport. (2014). *Innovatie bij papierfabriek Van Houtum: toiletpapier van olifantsgras.* Geraadpleegd op 24 mei 2019, van https://www.keyport2020.nl/nl/nieuws/alles/innovatie-bij-papierfabriek-van-houtum-toiletpapier-van-olifantsgras
Kipp, J. A. & Wever, G. (1993). *Wortelmedia*. Geraadpleegd op 27 mei 2019, van http://edepot.wur.nl/273927
Klímek, P., Wimmer, R., Meinlschmidt, P., & Kúdela, J. (2018). Utilizing Miscanthus stalks as raw material for particleboards. *Industrial crops and products*, *111*, p. 270-276. doi: 10.1016/j.indcrop.2017.10.032
Koops, A. & Sanders, J. (2005). Landbouwgrondstoffen. Geraadpleegd op 2 juni 2019, van https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/186471
Kreuger, E., Prade, T., Escobar, F., Svensson, S. E., Englund, J. E. & Björnsson, L. (2011). Anaerobic digestion of industrial hemp–Effect of harvest time on methane energy yield per hectare. *biomass and bioenergy*, *35* (2), p. 893-900. doi: 10.1016/j.biombioe.2010.11.005
Lips, S. J. J. & Van Dam, J. E. (2013). *Kenaf: A multi-purpose crop for several industrial applications*. Londen: Springer.
Low, J. H., Ghanbari, T., Wan Abdul Rahman, W. A., & Majid, R. A. (2018). Preparation and Characterization of Kenaf Papers Reinforced with Tapioca Starch: Physicomechanical and Morphological Properties. *Journal of natural fibers*, *15* (2), p. 191-203. doi: 10.1080/15440478.2017.1321518
Mazuela, P., Urrestarazu, M. & Bastias, E. (2012). *Vegetable waste compost used as substrate in soilless culture.* Geraadpleegd op 5 juni 2019, van https://www.intechopen.com/books/crop-production-technologies/vegetable-waste-compost-used-as-substrate-in-soilless-culture
McCarthy, S., & Mooney, M. (2013). *Biomass for Energy, Environment, Agriculture and Industry* (8e editie), Vienna: Pergamon
Montesano, F. F., D'Imperio, M., Parente, A., Cardinali, A., Renna, M., & Serio, F. (2016). Green bean biofortification for Si through soilless cultivation: plant response and Si bioaccessibility in pods. *Scientific reports*, *6*, 31662.
Multihemp. (z.d.). *Projectoverzicht.* Geraadpleegd op 23 mei 2019, van http://multihemp.eu/project/
Murphy, F., Devlin, G. & McDonnell, K. (2013). Miscanthus production and processing in Ireland: An analysis of energy requirements and environmental impacts. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *23*, p. 412-420. doi: 10.1016/j.rser.2013.01.058
Nurzyński, J., Jarosz, Z. & Michałojć, Z. (2012). Yielding and chemical composition of greenhouse tomato fruit grown on straw or rockwool substrate. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, *11* (3), p. 79-89.
Nykter, M. (2006). Microbial quality of hemp (Cannabis sativa L.) and flax (Linum usitatissimum L.) from plants to thermal insulation. Geraadpleegd op 3 juni 2019, van https://helda.helsinki.fi/handle/10138/20746
Ouagne, P., Barthod-Malat, B., Evon, P., Labonne, L., & Placet, V. (2017). Fibre extraction from oleaginous flax for technical textile applications: influence of pre-processing parameters on fibre extraction yield, size distribution and mechanical properties. *Procedia Engineering*, *200*, p. 213-220. doi: 10.1016/j.proeng.2017.07.031
Page, J., Khadraoui, F., Gomina, M., & Boutouil, M. (2019). Influence of different surface treatments on the water absorption capacity of flax fibres: Rheology of fresh reinforced-mortars and mechanical properties in the hardened state. *Construction and Building Materials*, *199*, p. 424-434. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.12.042
Paridah, M. T., Abdelrhman, A. & Shahwahid, M. (2017). Cost Benefit Analysis of Kenaf Cultivation for Producing Fiber in Malaysia. *Arab. J. Bus. Manag. Rev*, *7* (5). doi: 10.4172/2223-5833.1000310

Pieters, J., Van Assche, B., & Buekens, A. (1998). Reducing solid waste streams specific to soilless horticulture. *HortTechnology*, *8* (3), p. 396-401. doi: 10.21273/HORTTECH.8.3.396

Pil, L., Bensadoun, F., Pariset, J., & Verpoest, I. (2016). Why are designers fascinated by flax and hemp fibre composites? *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, *83*, p. 193-205. doi: 10.1016/j.compositesa.2015.11.004

Polman, N., Michels, R., Boonstra, C., Theune, E., Venema, G., Reinhard, S., Van Der Velden, N., Huib, S. & Vrolijk, M. (2017). *Agricultural policy objectives on productivity, climate change adaptation and mitigation.* Geraadpleegd op 1 juni 2019, van https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/410390

Prade, T. (2011). *Industrial hemp (Cannabis sativa L.)–a high-yielding energy crop.* Geraadpleegd op 3 juni 2019, van https://pub.epsilon.slu.se/8415/

Puértolas, A., Boa, E., Bonants, P. J., & Woodward, S. (2018). Survival of Phytophthora cinnamomi and Fusarium verticillioides in commercial potting substrates for ornamental plants. *Journal of Phytopathology*, *166* (7-8), p. 484-493. doi:10.1111/jph.12708

Rahim, M., Douzane, O., Le, A. T., Promis, G., Laidoudi, B., Crigny, A., Dupre, B. & Langlet, T. (2015). Characterization of flax lime and hemp lime concretes: Hygric properties and moisture buffer capacity. *Energy and Buildings*, *88*, p. 91-99. doi: 10.1016/j.enbuild.2014.11.043

Rahman, M. J., Quamruzzaman, M., Begum, P., Sani, M. N. H., Chawdhery, M. R. A., Ahmed, S., & Ali, M. M. (2017). Physical and chemical properties of different substrate mixtures and their effects on growth and yield of lettuce. *Bangladesh Hort*, *3* (1), p. 39-46.

Ramamoorthy, S. K., Skrifvars, M., & Persson, A. (2015). A review of natural fibers used in biocomposites: plant, animal and regenerated cellulose fibers. *Polymer reviews*, *55* (1), 107-162. doi: 10.1080/15583724.2014.971124

Ramesh, M., Palanikumar, K., & Reddy, K. H. (2017). Plant fibre based bio-composites: Sustainable and renewable green materials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *79*, p. 558-584. doi: 10.1016/j.rser.2017.05.094

Raviv, M. (2014, August). Substrate's end-of-life: environmental and horticultural considerations. In *XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014), 1112*, p. 281-290. doi: 10.17660/ActaHortic.2016.1112.38

Reddy, N., & Crohn, D. M. (2018). Effect of Composted Greenwaste and Rockwool on Plant Growth of Okra, Tomato, and Chili Peppers. *Compost Science & Utilization*, p. 1-8. doi: 10.1080/1065657X.2018.1463878

RHP. (2016a). *Rijstkaf.* Geraadpleegd op 26 mei 2019, van https://www.rhp.nl/nl/product/rijstkaf

RHP. (2016b). *Kokosproducten*. Geraadpleegd op 26 mei 2019, van https://www.rhp.nl/nl/product/kokosproducten

RHP. (2016c). *Waarom RHP substraten?* Geraadpleegd op 26 mei 2019, van https://www.rhp.nl/nl/waarom-rhp-substraten_tuinbouw#

RHP. (2016d). *Welke keurmerken zijn er?* Geraadpleegd op 29 april 2019, van https://www.rhp.nl/nl/welke-keurmerken-zijn-er_tuinbouw

Rijksoverheid. (2018). *Biomassa & Voedsel.* Geraadpleegd op 11 april 2019, van https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2018/01/15/bijlage-5-transitieagenda-biomassa-en-voedsel

Rijksoverheid. (2019). *Transitieagenda Biomassa en Voedsel in Overijssel* (Regionale transitieagenda). Overijssel: Rijksoverheid.

Saba, N., Paridah, M. T., & Jawaid, M. (2015). Mechanical properties of kenaf fibre reinforced polymer composite: A review. *Construction and Building materials*, *76*, p. 87-96. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2014.11.043

Sam-Brew, S. & Smith, G. D. (2017). Flax shive and hemp hurd residues as alternative raw material for

particleboard production. *BioResources*, *12* (3), p. 5715-5735.
Schmilewski, G. (2007). Growing medium constituents used in the EU. *In International Symposium on Growing Media 2007, 819*, p. 33-46. doi: 10.17660/ActaHortic.2009.819.3
Schrik, Y., Van den Akker, J., Mulder, M., Van Lange, K., Van Hees, M., Oskam, I. & Van Kasteren, H. (2017). *Decentrale organische reststroomverwerking.* Geraadpleegd op 24 mei 2019, van https://pure.hva.nl/ws/files/4056052/2017_07_04_RE_ORGANISE_technieken_rapport_final.pdf
Smits, M. J. W., & Linderhof, V. G. M. (2015). *Circulaire economie in de landbouw: een overzicht van concrete voorbeelden in Nederland.* Geraadpleegd op 24 mei 2019, van https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/336217
Surrage, V. A., Lafrenière, C., Dixon, M., & Zheng, Y. (2010). Benefits of vermicompost as a constituent of growing substrates used in the production of organic greenhouse tomatoes. *HortScience*, *45* (10), p. 1510-1515. doi:10.21273/HORTSCI.45.10.1510
Takeuchi, Y. (2019). *3D Printable Hydroponics: A Digital Fabrication Pipeline for Soilless Plant Cultivation.* Geraadpleegd op 25 mei 2019, van https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8667812
Tang, K., Struik, P. C., Yin, X., Thouminot, C., Bjelková, M., Stramkale, V., & Amaducci, S. (2016). Comparing hemp (Cannabis sativa L.) cultivars for dual-purpose production under contrasting environments. *Industrial Crops and Products*, *87*, p. 33-44. doi: 10.1016/j.indcrop.2016.04.026
Tingley, D. D., Hathway, A., & Davison, B. (2015). An environmental impact comparison of external wall insulation types. *Building and Environment*, *85*, p. 182-189. doi: 10.1016/j.buildenv.2014.11.021
Vandecasteele, B., Muylle, H., De Windt, I., Van Acker, J., Ameloot, N., Moreaux, K., Coucke, P. & Debode, J. (2018). Plant fibers for renewable growing media: Potential of defibration, acidification or inoculation with biocontrol fungi to reduce the N drawdown and plant pathogens. *Journal of Cleaner Production*, *203*, p. 1143-1154. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.08.167
Väntsi, O. & Kärki, T. (2014). Mineral wool waste in Europe: a review of mineral wool waste quantity, quality, and current recycling methods. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, *16* (1), p. 62-72
Van Calker, S., de Mey, V., Van den Berg, T. & Clement, R. (2018). *Growing a green future.* Geraadpleegd op 25 mei 2019, van http://www.biobasedgarden.nl/wp-content/uploads/2018/03/Growing-a-Green-Future-Benchmark-Rapport-Deliverable-6.1-1.pdf
Van der Voort, M. P. J., Timmer, R.D., Van Geel, W., Runia, W. & Corré W. J. (2008). *Economie van energiegewassen.* Geraadpleegd op 2 juni 2019, van https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/36202
Van der Vorst, J. G. A. J. (2011). *Toekomstverkenning transities tot 2040 voor de topsectoren AgroFood en Tuinbouw vanuit logistiek perspectief.* Geraadpleegd op 16 april 2019, van https://www.rli.nl/sites/default/files/u21/vd_vorst_essay_transities_agrofood_en_tuinbouw_december_2011_final.pdf
Van der Wurff, A., Blok, C., Janse, J., Messelink, G., Hofland-Zijlstra, J., Driever, S., Van der Staaij, M., Postma, J., Wubben, J., Bij de Vaate, J., Holtman, W. & Oppedijk, B. (2011). *Weerbaar substraat: optellen matrix.* Geraadpleegd op 16 april 2018, van http://edepot.wur.nl/189792
Van Kerckvoorde, A. & Van Reeth, W. (2014). Ecosysteemdienst productie van energiegewassen. Geraadpleegd op 2 juni 2019, van https://purews.inbo.be/ws/files/4339070/VanKerckvoorde_VanReeth_2014_Hoofdstuk14EcosysteemdienstenProductieEnergiegewassen.pdf.
VNP. (z.d.). *Miscanthus: Grondstof voor de toekomst.* Geraadpleegd op 24 mei 2019, van https://vnp.nl/innovatie/grondstoffen/goede-voorbeelden/interview-cradle-crops/
Welink. (2015). *Meer waarde uit reststromen.* Geraadpleegd op 12 april 2019, van http://www.afvalkring.nl/downloads/Bijlage%201%20Verslag%20Toekomstverkenning%20

mogelijkheden%20recycling%20voedselverwerkende%20industrie.pdf
WUR. (2017). *'Supergewas' Miscanthus blijkt inderdaad vol potentie.* Geraadpleegd op 24 mei 2019, van https://www.wur.nl/nl/artikel/Supergewas-Miscanthus-blijkt-inderdaad-vol-potentie.htm
Xia, C., Shi, S. Q., Wu, Y. & Cai, L. (2016). High pressure-assisted magnesium carbonate impregnated natural fiber-reinforced composites. *Industrial Crops and Products*, *86*, p. 16-22. doi: 10.1016/j.indcrop.2016.03.023
Xiong, J., Tian, Y., Wang, J., Liu, W. & Chen, Q. (2017). Comparison of Coconut Coir, Rockwool, and Peat Cultivations for Tomato Production: Nutrient Balance, Plant Growth and Fruit Quality. *Frontiers in plant science, 8*, p. 1327. doi:10.3389/fpls.2017.01327
Yahya, M. N. & Chin, D. D. V. S. (2017). A review on the potential of natural fibre for sound absorption application. *Science and engineering*, *226* (1), p.012014. doi:10.1088/1757-899X/226/1/012014
Yliniemi, J., Laitinen, O., Kinnunen, P. & Illikainen, M. (2018). Pulverization of fibrous mineral wool waste. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, *20* (2), p. 1248-1256.
Zhou, L., Li, R., Zhang, G., Wang, D., Cai, D. & Wu, Z. (2018). Zero-valent iron nanoparticles supported by functionalized waste rock wool for efficient removal of hexavalent chromium. *Chemical Engineering Journal*, *339*, p. 85-96. doi: 10.1016/j.cej.2018.01.132
Zuk, M., Richter, D., Matuła, J. & Szopa, J. (2015). Linseed, the multipurpose plant. *Industrial Crops and Products*, *75*, p. 165-177. doi: 10.1016/j.indcrop.2015.05.005

Bronverwijzing van afbeelding voorblad:

VPN. *(z.d.). Substraten* [Online afbeelding]. Gedownload op 4 mei 2019, van https://www.devpn.nl/substraten/

Bijlagen

Bijlage I Tijdsplanning
Bijlage II Effectentabel & Multicriteria-analyse tabel
Bijlage III Volumefractie, bulkdichtheid en poriënvolume van verschillende substraatmedia
Bijlage IV Referentiematrix van gebruikte bronnen voor de resultaten
Bijlage V Gespreksverslag Maan Bio Based Products
Bijlage VI Emailcontact VitroPlus
Bijlage VII Telefonischcontact Klasmann-Deilmann
Bijlage VIII Checklist Schriftelijk Rapporteren

Bijlage I Tijdsplanning

Gezien de omvang van het onderwerp en de beschikbare tijd die ervoor staat om het onderzoek in te kunnen doen, is een tijdsplanning gemaakt op basis van het aantal studiepunten die voor het afstudeerwerkstuk kunnen worden behaald. Voor het behalen van het afstudeerwerkstuk staan 17 ECTS, wat overeenkomt met totaal 280 uur.

Er is geschat hoeveel uren er nodig zijn om iedere deelvraag te kunnen beantwoorden en wanneer welk hoofdstuk zal worden uitgewerkt. Hiervoor is een tijdsplanning gemaakt in de vorm van een strokenplanning. Tijdens het verloop van het hoofdonderzoek zal om enkele feedbackmoment worden gevraagd bij de afstudeerdocent. Hiervoor zal de afstudeerdocent per email worden benaderd, dit is niet opgegeven in de planning.

Tijdsplanning onderzoeksfase	Week 14	Week 15	Week 16	Week 17	Week 18	Week 19	Week 20	Week 21	Week 22	Week 23	Week 24
Hoofdstuk 'Resultaten' Deelvraag 1											
Informatie verzamelen	*26*	*16*									
Informatie verwerken/schrijven		*16*	*16*								
Hoofdstuk 'Resultaten' Deelvraag 2											
Informatie verzamelen			*26*	*16*							
Informatie verwerken/schrijven				*16*	*16*						
Hoofdstuk 'Resultaten' Deelvraag 3											
Informatie verzamelen					*26*	*16*					
Informatie verwerken/schrijven						*16*	*16*				
Hoofdstuk 'Discussie/Conclusie/Aanbevelingen'											
Informatie interpreteren/analyseren								*32*			
Resultaten discussiëren								*16*			
M&M discussiëren									*16*		
Conclusie schrijven									*16*		
Aanbevelingen voor verder onderzoek									*16*		
Voorblad/titelpagina	*2*										
Voorwoord		*2*									
Inhoudsopgave										*1*	
M&M herschrijven										*1*	
Opmaak van de layout										*4*	
Samenvatting Nederlands / Engels										*3*	
Nalezen, spelling/gramatica controle											*3*
Checklist Schriftelijk Rapporten controle											*3*
Deadline inleveren afstudeerwerkstuk (voor 13:00)											*11-jun*
Totaal uren / week	26	34	32	26	42	32	26	48	48	9	323

Legenda
In progress
Deadline
Totaal uren

Bijlage II Effectentabel & Multicriteria-analyse tabel

	Effectentabel multicriteria-analyse		
	Criterium	**Omschrijving eenheid**	**Score**
Beschikbaarheid	**Continuiteit**		
	Onbekend	geen informatie over gevonden	0
	Aflopend/Uitputtend	wel beschikbaar, maar niet op langer termijn	1
	Seizoensafhankelijk	< 2 keer per jaar beschikbaar	2
	Continue beschikbaar	gedurende het hele jaar beschikbaar	3
	Hoeveelheid		
	Onbekend	geen informatie over gevonden	0
	< 10 ton	per jaar	1
	10.000 - 100.000 ton	per jaar	2
	> 100.000 ton	per jaar	3
Praktische haalbaarheid	**Bulkdichtheid**		
	Onbekend	geen informatie over gevonden	0
	Komt niet overeen	met huidig gebruikte substraten	1
	Komt wel overeen	met huidig gebruikte substraten	2
	Poriënvolume		
	Onbekend	geen informatie over gevonden	0
	Komt niet overeen	met huidig gebruikte substraten	1
	Komt wel overeen	met huidig gebruikte substraten	2
	Steriliteit		
	Onbekend	geen informatie over gevonden	0
	Niet vrij van pathogenen	niet vrij van (of enigszins een risico op) pathogenen	-1
	Vrij van pathogenen	vrij van pathogenen	1
	Verwerkingstoepassing		
	Onbekend	geen informatie over gevonden	0
	niet toepasbaar	kan niet worden verwerkt als substraat	-1
	toepasbaar	kan worden verwerkt als substraat	1
	CO2 uitstoot verwerking		
	Onbekend	geen informatie over gevonden	0
	Ongunstig CO_2-voetafdruk	hogere CO_2-voetafdruk dan steenwol	-1
	Gunstige CO_2-voetafdruk	lagere CO_2-voetafdruk dan steenwol	1

Bijlage III Volumefractie, bulkdichtheid en poriënvolume van verschillende substraatmedia

	Substraat	Bulkdichth. (kg.m^{-3})	Poriën (%)	Volumefractie water(W) lucht(L) bij verschillende drukhoogten (%)									
				-3cm		-10cm		-32cm		-50cm		-100cm	
				W	L	W	L	W	L	W	L	W	L
1	**Kokos produkten**												
	Cocospeat	82	95	90	5	80	15	48	47	45	50	41	54
	Kokosbrokjes	86	95	52	43	49	46	47	48	46	49	46	49
	Kokosvezel	50	97	17	80	8	89	6	91	6	91	6	91
2	**Fenolhars**												
	Fenolharsgrof (Oasis)	30	98	53	45	46	52	34	64	28	70	24	74
3	**Glaswol**												
	Glaswol	34	99	94	5	74	25	3	96	2	97	2	97
4	**Houtvezel**												
	Houtvezelmat	63	96	73	23	24	73	11	85	11	85	11	85
5	**Kleikorrels**												
	Kleikorrels (2-4mm)	627	76	35	41	21	55	18	58	17	59	17	59
	Kleikorrels (4-8mm)	469	82	16	66	12	70	11	71	10	72	10	72
	Kleikorrels (8-16mm)	481	82	15	67	12	70	11	71	11	71	10	72
	Kleikorrels gebroken	450	83	37	46	23	60	20	63	19	64	18	65
6	**Lava**												
	Lava Duitsland (0-3mm)	1389	47	45	2	40	7	23	24	20	27	18	29
	Lava Duitsland (1-4mm)	1284	51	14	37	12	39	9	42	9	42	7	44
	Lava Duitsland (2-5mm)	1214	53	21	32	20	33	17	36	17	36	15	38
7	**Perliet**												
	Perliet (0-1mm)	94	97	70	27	70	27	46	51	40	57	39	58
	Perliet (0.6-2.5mm)	107	96	56	40	35	61	26	70	23	73	21	75
	Perliet (1-7.5mm)	117	96	39	57	25	71	20	76	18	78	15	81
8	**Poly-urethaan**												
	Poly-urethaanmat	83	95	84	11	18	77	5	90	4	91	4	91
	Poly-urethaan (vlokken)	33	98	8	90	5	93	3	95	3	95	2	96
9	**Puimsteen**												
	Puimsteen IJsland(1-10mm)	406	85	57	28	45	40	42	43	41	44	39	46
	Puimsteen IJsland (2-4mm)	456	83	48	35	32	51	30	53	29	54	29	54
	Flugsand Duitsland	917	65	54	11	50	15	36	29	34	31	33	32

	Substraat	Bulkdichth. (kg.m^{-3})	Poriën (%)	Volumefractie water(W) lucht(L) bij verschillende drukhoogten (%)									
				-3cm		-10cm		-32cm		-50cm		-100cm	
				W	L	W	L	W	L	W	L	W	L
10	**Steenwol**												
	Steenwol 1-jarig	52	98	94	4	69	29	7	91	3	95	2	96
11	**Steenwolgranulaat**												
	Steenwolgranulaat wateraf	190	93	2	91	1	92	1	92	0	93	0	93
	Steenwolgranulaat waterop	230	91	83	8	83	8	65	26	28	63	3	88
	Steenwolblokjes	68	97	67	2	39	58	4	93	2	95	2	95
12	**Veen**												
	Veen Ierland (4-8mm)	139	91	64	27	54	37	42	49	38	53	34	57
	Tuinturf	157	90	84	6	81	9	60	30	55	35	50	40
	Veenmosveen	77	95	84	11	82	13	51	44	44	51	36	59
13	**Vermiculiet**												
	Vermiculiet (0-1.5mm)	158	94	84	10	80	14	49	45	44	50	41	53
	Vermiculiet (2-5mm)	101	96	68	28	48	48	43	53	41	55	39	57
	Vermiculiet (4-9mm)	107	96	61	35	48	48	43	53	43	53	41	55
14	**Zand**												
	Rivierzand (matig grof)	1822	31	29	2	28	3	8	23	6	25	5	26
	Zand (duin, fijn)	1825	31	31	0	30	1	27	4	14	17	8	23
	Gebroken grind zand	1503	43	35	8	32	11	10	33	6	37	4	39
15	**Overige**												
	Tuingrond (Zand)	1487	43	42	1	41	2	38	5	18	25	14	29
	Grind (1-5mm)	1645	38	11	27	5	33	4	34	4	34	4	34
	Rijstekafmat	144	91	32	59	21	70	20	71	19	72	19	72
	Rijstekaf	116	93	40	53	12	81	10	83	10	83	10	83
	Polystyreen (bolletjes)	12	99	3	96	2	97	1	98	1	98	1	98

Bronverwijzing: Kipp, J. A. & Wever, G. (1993). Wortelmedia. Geraadpleegd op 27 mei 2019, van http://edepot.wur.nl/273927

Bijlage IV Referentiematrix van gebruikte bronnen voor de resultaten

Aantal citaten	Bronnen < 10 jaar	Bronvermelding in APA
	✓	(Akil et al., 2011)
17	✓	(Alexopoulou et al., 2015)
49	✓	(Almer & Winkler, 2017)
65	✓	(Amaducci et al., 2015)
90	✓	(Anderson et al., 2011)
3	✓	(Ayadi et al., 2017)
1	✓	(Bakatovich et al., 2018)
1	✓	(Baley et al., 2018)
18	✓	(Bourdot et al., 2017)
	✓	(Bourguignon et al., 2017)
25	✓	(Burnett et al., 2016)
	✓	(Cannabis Invest, 2019)
	✓	(Carus, 2017)
	✓	(Célino et al., 2014)
25	✓	(Cherney & Small, 2016)
		(CIVTU, z.d.)
16	✓	(Clemons, 2010)
	✓	(De Beus et al., 2019)
		(De Bont et al., 2008)
	✓	(Dutch Biorefinery Cluster, 2013)
	✓	(Eberts & Kostelecky, 2018)
	✓	(Elopak, 2016).
4	✓	(Evon et al., 2019)
1	✓	(Ferdous & Hossain, 2017)
9	✓	(Fernando et al., 2015)
	✓	(FIBRA, 2012)
155	✓	(Fiore et al., 2015)
13	✓	(Foulk et al., 2010)
		(Geurts-Jeuken & Meijer, 1988)
9	✓	(Gismatulina & Budaeva, 2017)
97	✓	(Gissén et al., 2014)
	✓	(Griswold et al., 2018)
	✓	(HAN, 2016)
	✓	(Harmsen & Bos, 2010)
		(Hempflax, z.d)
		(Het Groene Brein, z.d.)
104	✓	(Jhala & Hall, 2010)
2	✓	(Jiang et al., 2019)
17	✓	(Kamal, 2014)
3	✓	(Kaniszewski et al., 2010)
13		(Karus, 2005)
	✓	(Keyport, 2014)
7	✓	(Klímek et al., 2018)
		(Koops & Sanders, 2005)
45	✓	(Kreuger et al., 2011)
13	✓	(Lips & Van Dam, 2013)

2	✓	(Low et al., 2018)
10	✓	(McCarthy & Mooney, 2013)
		(Multihemp, z.d.)
38	✓	(Murphy et al., 2013)
6	✓	(Nurzyński et al., 2012)
10		(Nykter, 2006)
4	✓	(Ouagne et al., 2017)
1	✓	(Page et al., 2019)
72	✓	(Pil et al., 2016)
	✓	(Prade, 2011)
0	✓	(Puértolas et al., 2018)
59	✓	(Rahim et al., 2015)
2	✓	(Rahman et al., 2017)
117	✓	(Ramamoorthy et al., 2015)
69	✓	(Ramesh et al., 2017)
	✓	RHP (2016)
	✓	RHP (2016)
	✓	RHP. (2016)
210	✓	(Saba et al., 2015)
4	✓	(Sam-Brew & Smith, 2017)
70		(Schmilewski, 2007)
	✓	(Schrik et al., 2017)
?	✓	(Surrage et al., 2010)
0	✓	(Takeuchi, 2019)
24	✓	(Tang et al., 2016
1	✓	(Vandecasteele et al., 2018)
	✓	(Van Calker et al., 2018)
		(Van der Voort et al., 2008)
		(Van Kerckvoorde & Van Reeth, 2014)
		(VNP, z.d.)
	✓	(WUR, 2017)
11	✓	(Xia et al., 2016)
4	✓	(Yahya & Chin, 2017)
25	✓	(Zuk et al., 2015)

Bijlage V Gespreksverslag Maan Bio Based Products

Bedrijfsnaam:	***Maan Bio Based Products***
Lokatie:	Raalte, Nederland
Datum:	21-5-2019
Contactgegevens:	**Rob van der Meer** Functie: commercieel product specialist T. 06-12796150 E. r.vandermeer@maan-biobasedproducts.com
Website:	www.maanbiobased.nl

1. **Welke schaalbare plantaardige reststromen zijn beschikbaar binnen Europa?**
   - Kunt u enkele bedrijven noemen die op dit moment kampen met een plantaardige reststroom? (Zo ja, welke hoeveelheden ton per jaar)
2. ***Aan welke eisen moet een alternatief substraat voldoen voor de groei van groentegewassen?***
3. **Wat is de praktische haalbaarheid van plantaardige reststromen als alternatief substraat om met een lage milieu-impact groentegewassen te kunnen telen?**
4. **Zou u meer kunnen vertellen over... (de herkomst van de reststroom/winning/bestanddelen etc.)**

Gespreksverslag

Rienke: ***"Kijk je bijvoorbeeld naar het vocht absorberend vermogen of naar deeltjesgrootte vermogen etc.?"***
Rob: *"Beide, het heeft met een mix te maken. Bedrijven kijken vaak naar een mix van 3, 4 of 5 verschillende producten (veen/veenmos/perliet/kokos/zwartveen etc.) van de huidige substraten. Dat vormt een bepaalde structuur, en die structuur wordt ingezet in of de grovere pottenteelt. Is die nog minder ontwikkeld, dan heeft een plant minder*
Daarin heeft de plant een bepaalde vocht opname en voedingsopname nodig. Klasmann heeft het Gaja project. Er zijn heel veel producten; maar die zijn nog niet getest, die wellicht bruikbaar zijn én ik ben er ook van overtuigd dat ook Klasmann niet alles getest heeft. Wat ik bijvoorbeeld gezien heb, bijvoorbeeld Hennep; Het moet natuurlijk vocht kunnen vasthouden, maar ook vocht kunnen loslaten. Daarom is kokos zo interessant, dat neemt gemakkelijk vocht op en kan dat ook weer loslaten. Maar de structuur en de positieve groei, kan je vaak alleen maar behalen door het mixen van verschillende substraten, om dan tot het ideale te komen, maar daar heb je dus bijna altijd een ander product voor nodig. Als je kijkt naar het Wood fiber van Klasmann, dat is een mooi voorbeeld van een alternatief substraat. Het hout versplinteren ze, dat maken ze heet en bewerken ze, zodat je naar mijn mening ook wel 'direct' op kunnen groeien, maar dat wordt tot op heden vooral gebruikt om een mix mee te maken, maar misschien is het ook wel mogelijk om planten alleen te kunnen groeien op Wood fiber. Wat is zelf wel getest heb bij Hemflex in het dorpje 'Oude Pekelaar': Mark is de directeur daarvan, zij kweken Hennep in Romenië en in Duitsland en in Nederland. Een Hennepsoort die puur wordt gekweekt voor om de geschiktheid voor hennepvezels, wat al veel gebruikt wordt daarvoor in de auto-industrie. Maar wat je dan overhoudt is de kern van de plant, en dat is een type hout dat je overal voor kan gebruiken, ik heb het zelf gebruikt als afdeklaag en dat ook geprobeerd te verkopen, maar hij maakt er tegenwoordig ook bouwstenen van, om met lichtgewicht bouwstenen te maken voor het

bouwen van huizen zeg maar.''
Rienke: ***''Voor het gebruik in isolatie?''***

Rob: *''De vezels gebruiken ze ook voor isolatie, maar die houtkern wordt ook gebruikt om een soort kattenkorrel van te persen, die houtkern wordt geperst en neemt heel veel vocht op. Ik heb die meerdere keren getest op het telen van water met zaden van planten en ook met gewoon stekken erin, en eigenlijk is het ook nog zo dat er bepaalde positieve schimmels inzitten die wortel bevorderend. En er wordt natuurlijk ook biologisch geteeld, dus het is best een interessante om mee te mengen met andere substraten en misschien wel om direct planten op te groeien. Als je dat tegen Klasmann verteld zullen ze vast zegen we hebben dat al eens getest of gedaan, maar daar is nog niet volop ingezet. Misschien omdat dat toen nog niet in grote hoeveelheden te verkrijgen was, maar dat inmiddels gaat dat erg snel. Ongeveer 50 hectare in Roemenië dat is nogal wat en dat zijn ze geleidelijk nog aan het uitbouwen. Het bedrijf Hemflex: kweekt hennep van het begin tot het eind op en verbouwt het en levert ook de automatisering zodat de boeren die hennep kunnen oogsten. Dat wordt allemaal in de oude fabriekshal in Oude Pekelaar, dat is een oude papierfabriek/kartonfabriek, waar nu hennephout wordt verwerkt. Ook de bloemen halen ze ervan af voor hennepolie. Het kernhout wordt gebruikt, de vezel wordt gebruikt voor in de auto-industrie en er wordt laminaat van gemaakt (voor het lamineren van producten). Verder zijn zij nog aan het zoeken naar alle andere toepassingen. Maar er wordt ook op gegroeid, dus het is mogelijk om dat te gebruiken in een bepaalde mix, daar ben ik wel van overtuigd.''*
Rienke: ***''En in die proeven wat jij ermee hebt gedaan, was dat dan ook als mix of als enig bestanddeel?''***

Rob: *''Ik heb dat product in een mix gebruikt, bijvoorbeeld 40% hennephout en voor de rest zaten er wat andere gangbare bestanddelen in (veenmos, veen). En wat dat deed, ik kreeg de indruk dat ik het er wat luchtiger van kon krijgen en dat er dan ook betere wortelvorming op zat. Maar dat is iets wat ik toen kleinschalig voor mijzelf getest heb, niet bij een bedrijf. Ik heb daar in ieder geval een product van gemaakt en dat is in België in ieder geval nog een jaar of 5 verkocht aan een suikerbieten veredelaar die heeft jaar jarenlang in de veredeling zijn plantjes op gedraaid (nu verkoop ik daar growcoons aan). De reden dat ik dat gemaakt had, was omdat hij een plantje had waarvan de wortels bij elkaar bleven, hij wilde niet echt een plug hebben omdat hij vond dat het dan te veel gecomprimeerd was en te weinig ruimte was voor die wortel. En toevallig heb ik er nu een overeenkomst mee dat we daarvoor growcoons gaan leveren.''*
Rienke: *''Ja en dat is weer een luchtiger voorbeeld dan bijvoorbeeld een papieren plugje.''*

Rob: *''Een papierenplugje is meer gecomprimeerd, en daarin zit vaak ook heel fijn substraat. Eigenlijk wordt daar een worst van gemaakt van papier en die wordt met 3 a 4 bar gevuld met substraat en dat is eigenlijk de paper plug. De growcoon kun je allerlei soorten substraat in toen.''*
Rienke: ***''Welke verhouding lucht/water/deeltjesfase wordt aangehouden in het algemeen?''***
Rob: *''In de jonge fase heb je een fijnere structuur nodig, een fijnere structuur betekend dat er minder lucht in zit. Als je dan zoekt naar een substraat dat veel vocht vasthoudt dan betekent het dat het substraat te nat wordt. Dus je moet zoeken naar de verhouding in zo'n substraat. Het gaat erom dat die wortel er ook nog zuurstof uit kan halen en naar de volgende fase kan. Als je overgaat naar een volgende fase, dus opkweek gehad in bijvoorbeeld veenmosveen en je gaat die overzetten naar bijvoorbeeld kokos, dan moet die wortel wennen aan dat die in kokos staat → dan dat kost tijd voordat die doorgaat met doorwortelen. Soms zit er te veel verschil tussen de structuur van het type substraat.''*
Rienke: ***''Dus de bestanddelen zou je hetzelfde moeten houden?''***
Rob: *''Eigenlijk zou je moeten zorgen dat het substraat waarin het wordt omgezet, en je plugje wijkt te veel af van het substraat waarin die wordt omgezet heb je kans dat het langer duurt voordat die*

overgaat, of hij gaat niet door. Het kan zo zijn dat het hetzelfde materiaal is, maar een keer minder over de sterrenzeef is gegaan en dus een andere structuur heeft.
Rienke: ***''Als ik het zou zoeken op een bepaalde vezel of structuur, water kan absorberen, in welke mate die dat kan vasthouden en misschien wel iets over de poreuze structuur. Krijg ik daarmee een indicatie of iets geschikt zou kunnen zijn om daarop een plant te kunnen laten groeien?''***
Rob: *''Ja, plus dat je moet kijken naar hoe snel verteert het product dat je gaat gebruiken. Stel je voor dat het product*
Het hennepproduct waar we het net over hadden, is iets oliehoudend en dat is eigenlijk best positief, omdat het ervoor zorgt dat het niet meteen weg verteerd en ook geen stikstof onttrekt. Dat zie je met de Wood fiber van Klasmann ook, het goede is dat ze dat behandeld hebben, zodat het niet in no-time verteerd. Wat het moet doen is vocht vasthouden, structuur geven en lucht geven. Vooral ook vocht vasthouden en kunnen loslaten moet het ook kunnen doen… als het dat niet doet, kun je het al niet gebruiken. Als het te snel verteerd krijg je stikstofonttrekking, en moet je bijmesten anders gaan je planten geel verkleuren. Want hoe kleiner je plugje is, heb je eerder kans op stikstofonttrekking en dat ga je meteen terugzien op de ontwikkeling van je plant.
Rienke: Wat jij noemt van de houtvezel, die hebben ze dus behandeld.
Klasmann: Nee, die vezel van Klasmann wordt van dennenbomen gemaakt, die worden kapot gewalst en dan krijg je lange draden.''
Rienke: ***''Maar die behandeling is niet chemisch?''***
Rob: *''Nee, dat mag ook niet, anders zou het niet door de RHP-heenkomen.''*

Rob: *''Dus je moet zorgen dat het substraat schoon is, dat er niet te veel zouten in blijven zitten. Kokos wordt daarom veel gespoeld, omdat die aan het strand staat en continue in aanraking komt met zout. Die producten worden uitvoerig behandeld met was en watergolven waaraan wat chemische stoffen worden toegevoegd om het schoon te maken en dat wordt dan weer weggespoeld. Het is belangrijk dat een alternatief substraat vocht opneemt en vocht loslaat, want alles dat dat doet dat neemt vaak ook de EC-waardes op en daarmee kun je je voeding op bufferen.''*

Rienke: *''Inderdaad en daarmee kan je het ook weer beter controleren.''*

Rob: *''Ja én dat hennepproduct kun je bijvoorbeeld ook grover maken, want het wordt ook als strooisel gebruikt in paardenstallen, omdat het van zichzelf een dichte structuur heeft en lang weerhoudend is, heeft het ook positieve eigenschappen waar ik nog niet alles van weet, maar waarvan ik wel gezien heb dat de planten die erop groeien daar eigenlijk goed op groeien. Dat is niet helemaal toevallig, want van de hennepvezel worden ook matjes gemaakt waar je prima tuinkers op kan zaaien.''*
Rienke: ***''En als je het over dat verwerken hebt, dat hennepvezel wordt dan vermalen tot 2 à 3 cm vezels, is dat een beetje het gebruikelijke naar waar je naar zoekt, of kan het ook die dradige structuur zijn?''***

Rob: *''Die Wood fiber is een dradenstructuur, dat is bijna wol. En hennephout dat zijn hele fijne harde snippertjes eigenlijk, soms stukjes van 3 mm tot 2 cm zegmaar. Die draden van Klasmann worden overal doorheen gemengd eigenlijk. Ze willen proberen dat in zoveel mogelijk te kunnen mengen, zodat je uiteindelijk de andere bestanddelen die nu gangbaar zijn in veel substraten langzaam kunt gaan vervangen.''*
Rienke: ***''Hennep mag wel in Nederland worden geteeld, maar wordt op dit moment nog niet geteeld op grote schaal elders?''***

Rob: *''Nou, Mark Reinders van Hemflex, ik denk dat die geen problemen heeft om jou te informeren. In Romenië is hij flink aan het groeien met zijn bedrijf, in Duitsland en Nederland kweekt hij ook. En die boeren willen dat graag doen, want het is een goed alternatief voor andere teelten en het wordt goed*

betaald. Mark is steeds meer bezig met landbouw en tuinbouw om dat meer te gaan telen.''
Rienke: ***''Ook om het naar Nederland te halen?''***

Rob: *''Nou, het ligt in het buitenland makkelijker, omdat je daar veel meer hectaren beschikbaar hebt. Hij heeft nu 50 hectare beschikbaar en heeft ook hallen bijgebouwd voor de verdere verwerking van de houtvezels. ''*
Rienke: *''Even terug naar de tomatenreststroom met de klemmetjes.''*

Rob: *''De tomaten hebben een hele grote reststroom. Iedere 9 maanden (teeltduur), van jonge plant tot volledig afoogsten en de restanten worden weggehaald en naar de afvalverwerking gebracht en gecomposteerd. Nou zitten er nog 5 à 6 klemmen per plant van kunststof. Ze zoeken naar alternatieve producten zodat groenafval ook echt groenafval is, omdat tegenwoordig niet alles meer ingenomen wordt, daar worden tegenwoordig controles op uitgevoerd. Op het moment dat je dat wil verwerken tot een ander product (tomatenkwekers zijn bijvoorbeeld bezig om daar papierenbakjes van te maken), dan wil je liever niet eerst die kunstig zooi eruit te moeten halen. Je wilt dan eigenlijk zo schoon mogelijk kunnen leveren. Er is sowieso een tomatenreststroom en die tomatenbakjes worden er al van gemaakt. Je kunt daarvoor Ruud Leerdammer bellen, die is daar nog wel mee bezig.''*

Rienke: ***''Maar zit men te wachten op een reststroom, die uit de tomatenteelt komt, wat dan gebruikt wordt in een alternatief substraat, om daar vervolgens weer je tomaten op te gaan telen?''***

Rob: *''Nee, daar zit men niet op te wachten.''*
Rienke: ***''Want in hoeverre kun je daarmee weer 'met een schone lei' beginnen? En is dat een Risico?''***

Rob: *''Ik denk het niet, ik denk dat dat een risico is.''*

Rienke: ***''Zoekt men ook naar een methode of zijn er al methode die bepaalde vezels kunnen steriliseren of in ieder geval ziekte vrij kunnen maken?''***

Rob: *''Ik denk dat de methode er al is, maar in hoeverre moeten die vezels worden gesteriliseerd, omdat als je een steriel product gebruik in de kas, dan zit binnen korte termijn het product vol met schimmel. Die kun je dan wel weer snel wegkrijgen met een beetje EC erin, maar ik denk dat dat toch wel een rem kan zijn en daarom denk ik ook dat niet ieder materiaal per definitie geschikt is. Maar ik ben er wel van overtuigd dat niet alleen in tomaten, maar ik kom zelf uit de buurt van Amsterdam, daar hebben wij de veiling staan. Die hebben massa's afval, helaas, daar zijn ongetwijfeld ook bestemmingen voor te vinden. Maar de structuur van het materiaal bepaald uiteindelijk of je d'r wat aan hebt of niet, als het te fijn is heb je er niets aan. Als je het terug kunt drogen en je houdt een bepaalde structuur over, dan kan ik me voorstellen dat als ik in de vezelsindustrie ga zoeken, dat ik dan opzoek ga naar vezels die een wat steverige structuur hebben. Om te kijken of je die kan terugdrogen en die kunt behandelen, als het materiaal te zacht is; dan kun je dat allemaal niet doen.''*

Rienke: ***''Als ik mijn gevonden alternatieven materialen zou gaan vergelijken met de al enkele goedgekeurde substraten; zoals kokosvezel of rijskaf bijvoorbeeld, dan geeft dat misschien een zetje in de goede richting?''***

Rob: *''Als je paar producten bij elkaar zou kunnen vinden die een beetje matchen met elkaar qua structuur, en de een heeft de eigenschap, bijvoorbeeld dat die wat meer puur structuur geeft, en de ander kan water bufferen, dan moet er nog een materiaal zijn dat een andere structuur heeft om er verschil in te krijgen (bouwstenen nodig). Een structuur krijg je door er een bepaald aantal rondjes/vierkantjes/cilindertjes bij elkaar te gooien, als je die samenstelling hebt (iets dat vocht bufferd en iets dat het substraat vasthoudhoud). Alleen is het de vraag welke zijn er op dit moment en welke*

ga je dan precies testen? Maar er zijn heel veel mogelijkheden natuurlijk. Je zou van bloemstelen ook stukjes kunnen snijden in plaats van vezels. Stukjes drogen, wat doet dat dan, hout neemt bijvoorbeeld wat op. Er zit dus in de cellen een bepaalde structuur die vocht opneemt. Eigenlijk kun je in al het plantmateriaal cellen terugvinden die vocht opnemen. Er zijn dus eigenlijk tal van mogelijkheden, alleen weten we ze nog niet allemaal.''

Rienke: *''Als je kijkt naar steenwol, dat is al best wel een perfect product. Het is enigbestanddeel, maar het is jammer dat het milieuonvriendelijk is.''*

Rob: *''Inderdaad, steenwol is een prima product, maar landen beginnen er toch een beetje anders tegen aan te kijken. Ergens moet men het op een nette manier zien kwijt te raken. Maar het is een heel groot product en ook niet makkelijk om daarvoor een alternatief product te vinden, wat hetzelfde werkt. Maar het voordeel is natuurlijk dat je er veel bemesting in kan laten bufferen, omdat het materiaal goed opneemt. Tomaat wordt ook al wel op kokosnotenblokken geteeld, maar die zijn nog lang niet zo geweldig, want die klinken in, waardoor de buffering minder wordt en de luchthuishouding minder wordt.''*
Rienke: ***''En het inklinken heeft met afbraak te maken?''***

Rob: *''Het inklinken heeft eigenlijk met afbraak te maken. Door inklinken is de buffer minder, terwijl de plant eigenlijk wel door is gegroeid. Dus wat dat betreft is er nog veel te doen.''*

Verder heeft Rob nog te melden:

- *''Mike Gitsels levert 80 miljoen aan jonge plantjes aan bedrijven in NoordHolland, die hebben ook met plantenreststromen te maken natuurlijk.''*
- *''Tulpenbollen; bollenkwekers hebben 100 miljoen tulpenbollen. Soms worden die aan de koeien gevoerd. Niet iets, waaraan je zit te denken om een substraat van te gaan maken eerlijk gezegd (maar je kunt de bollen wel eten).''*
- *''Ik heb nog een Belgisch bedrijf: Rendocan; cannabis gaan zij kweken, zij hebben wettelijk voor elkaar dat ze daar cannabis mogen gaan weken en gaan dat daar dus neerzetten. Ik ben zelf bezig om de growcoon daarbinnen te krijgen.''*

Rienke: ***''Maar cannabis is wat anders dan de hennep?''***
Rob: *''Ja, ik heb ze gevraagd wat doen jullie nou eigenlijk met de restanten?*
De planten worden namelijk voor medicinale doeleinden gebruikt en worden onder zeer constante omstandigheden (temperatuur) opgegroeid, omdat anders de samenstelling van de werkzame stof veranderd → een voordeel, want op een constante manier worden dus ook de restanten (vezels) gegroeid onder constante omstandigheden! Wortels van de planten worden weggegooid en daarin geeft het bedrijf ook aan, daarin zitten ook resten in; maar we hebben daarvoor nog geen oplossing gevonden. Ik weet nog niet wat die werkzame stof precies doet (los van medisch hebben we daar natuurlijk een bepaald beeld over), maar wat voor stoffen zitten erin dat voor de plant wellicht nog iets op kunnen leveren? Kun je van het restmateriaal een product maken? Groeimatten bijvoorbeeld? Of een afdeklaag. Of kun je het gebruiken als houtsnippers in bijvoorbeeld substraat?''

Rob: *''Cannabis wordt binnenkort een van de grootste teelten, de komende jaren. In Amerika gaat het al als een speer daar, in Nederland mag het nog niet, maar in het westland gaat het dus al heel erg hard. Ik vraag me dus gewoon af, van wat is er mogelijk? Ik houd ook zeker wel contact met hun en ik ga daar ook zeker wel mee door.''*

Rob: *''Cannabis is misschien wel interessant om mee te pakken in je verhaal, als je een beetje meer onderzoek ernaar doet om te kijken of er een reststroom te vinden is. Als je dat wil, breng ik je in contact met Rendocan, kijken wat ze daarvan vinden. Mijn verwachting is nergens op gebaseerd, puur*

uit mijn eigen denken… maar ik denk dat het interessant zou kunnen zijn. Ik denk dat dat heel erg interessant is. Maar ik heb toch het gevoel, en zij ook wel denk ik toen ik het zei, merkte ik. Dat is daar handel voor? En gaan ze dat doen? Voorlopig zal de focus liggen op de bloemen van cannabis en de medicijnen want daar gaat het om. Maar ik denk: Elke 4 maanden wordt die handel daar leeggehaald, dan zie je een hele berg houtsnippers weggaan. Dan denk ik: spoel het, versnipper het en doe er wat nuttigs mee.''
Rienke: ***''Maar dat is dus in België; daar mag je al cannabis telen, in Nederland nog niet?''***
Rob: *''In België mag het al, maar in Nederland nog niet. Maar in het Westland hebben ze een werkgroep opgericht, om te kijken wat voor de Westlandse kweek de mogelijkheden zijn, want zij zien daar natuurlijk brood in, want als je medicinale kruiden kunt gaan maken, dat is best een goede markt. Maar je ziet dat de hele wereld daar dan meteen weer opduikt, dus dat is meteen ook een gevaar.''*
Rienke: ***''Hennep en Cannabis lijkt een beetje op elkaar, maar is ook weer niet hetzelfde?''***
Rob: *''Cannabis wordt allemaal binnen gekweekt (bijvoorbeeld in een hal). Juist omdat de temperatuur zo gelijkmatig moet zijn om de juiste hoeveelheid werkzame stof eruit te kunnen krijgen. Als de temperatuur schommelt dan neemt de hoeveelheid werkzame stof af en dat is kostbaar. Ze gaan ervoor om dag en nacht dezelfde hoeveelheid licht en temperatuur te houden. Dat betekent dat ze niet in een kas gaan telen, maar in een hal. In principe is het telen dan om de bloemen, de bloemen oogsten ze eraf en de rest van het plantmateriaal wordt weggegooid (ik denk verbrand) en dan worden er weer nieuwe planten gepoot; dat is zo'n beetje de cyclus. Dat betekent dat er een grote stroom plantaardig reststroom vrijkomt en ook van bepaalde continuïteit. Ik denk dat het daarom wellicht ook interessant is. Bovendien is het een product dat eigenlijk heel schoon gekweekt wordt, onder ideale omstandigheden. Dat betekent ook nog dat de structuren van het materiaal eigenlijk altijd ook hetzelfde zijn (denk ik), want het groeit continue onder dezelfde omstandigheden.''*

Rienke: ***''Dit is voor mij interessant om uit te zoeken, het is plantaardig, continue goede hoeveelheid beschikbaar en het valt binnen Europa.''***

Rob: *''Ja, en als je ziet hoeveel middelen er binnenkort allemaal uit gaan, alle remmiddelen, de bestrijdingsmiddelen. Misschien kunnen de stoffen in cannabis daar wel een interessant alternatief voor zijn. Misschien doet het al wat met de bodemstructuur, waardoor bepaalde insecten het niet naar de zin hebben.''*

Rob: *''Er gaat veel weg waarvan je denkt, goh jammer.''*

Bijlage VI Emailcontact met VitroPlus

Bedrijfsnaam:	***Vitro Plus***
Lokatie:	Burgh-Haamstede, Nederland
Datum:	29-5-2019
Contactgegevens:	**Saskia Mol** Functie: 'Researcher' E. saskia@vitroplus.nl
Website:	www.vitroplus.nl

Vragen die zijn beantwoord per email:

1. **Welke schaalbare plantaardige reststromen zijn beschikbaar binnen Europa?**
   Mochten jullie nog een reststroom (afval) plantaardig hebben, hoor ik het graag; en ook eventueel hoeveel ton per jaar beschikbaar daarvan beschikbaar is (wie weet interessant om nog mee te nemen voor mij).
   Saskia: *''We hebben zeker plantaardig restafval, maar voor nu gaat dit allemaal door elkaar met de vuilnis mee. Hoeveelheden van alleen het plantaardige kan ik dus niet zeggen.''*

2. **Aan welke eisen moet een alternatief substraat voldoen voor de groei van groentegewassen?**
   Saskia:
   ''1.Concurrerend in prijs
   2.Mechanisch te verwerken plug
   3.Consistente lucht/water verhouding: Overal gelijk en overal voldoende beschikbaar voor de plant.
   4.Open structuur, 'suikerspin principe'
   5.Niet fytotoxisch
   6. Moet je een plantje in kunnen steken
   7. Moet je een plantje op kunnen zaaien
   8. Levensduur substraat 2-20 weken (afhankelijk van gewas snel of langzaam groeiend)
   9. biodegradeerbaar/composteerbaar.
   10. De plantenwortel moet makkelijk in en door de plug heen groeien (niet eromheen).
   11. De groei van de plant mag kwantitatief en kwalitatief niet minder zijn dan bij de huidige pluggen.
   12. Bij opplanten van planten op deze plug moet de plant gelijk gezond doorwortelen in het volgende substraat.''
3. **Wat is de praktische haalbaarheid van plantaardige reststromen als alternatief substraat om met een lage milieu-impact groentegewassen te kunnen telen?**
   Saskia: *''Ik denk zeker dat er mogelijkheden zijn. Zoals Cocos vind ik al een mooi voorbeeld. De noten zelf is restafval en nog wel bruikbaar als substraat. De vraag in dit geval vind ik nog wel of het afweegt om zo'n "zwaar" product de wereld over te sturen. Is het vervoer dan niet meer belasting voor het milieu dan wanneer we onze huidige producten gebruiken?''*
4. **Zou u meer kunnen vertellen over... (de herkomst van de reststroom/winning/bestanddelen etc.)**
5. **Kunt u enkele bedrijven noemen die op dit moment kampen met een plantaardige reststroom? (Zo ja, welke hoeveelheden ton per jaar)**

Bijlage VII Telefonischcontact met Klasmann-Deilmann

Bedrijfsnaam:	***Klasmann-Deilmann Benelux B.V.***
Lokatie:	Schiedam, Nederland
Datum:	31-5-2019
Contactgegevens:	**Sjors Beijer** Functie: 'Innovation manager' T. 06-51911317 E. sjors.beijer@klasmann-deilmann.com
Website:	www.klasmann-deilmann.com

1. **Welke schaalbare plantaardige reststromen zijn beschikbaar binnen Europa?**
   Sjors: *''Klassmann-Deilmann heeft al verschillende plantaardige reststromen getest. Snelgroeiende gewassen zijn Hennep, Miscanthus en Vlas, maar een nadeel is dat het plantmateriaal vaak te vers is. Hierdoor is een grote bottleneck de biologische stabiliteit. Sommige materialen leggen stikstof vast of klinken in. Hierdoor zijn zowel Hennep, Miscanthus en Vlas zijn op dit moment nog niet waardig als substraat zonder goede verwerkingsmethoden.*
   Een bedrijf in brabant genaamd 'Newfoss' kan bermgras opwerken, waardoor de inhoudsstoffen eruit worden gehaald, dit maakt dat het materiaal stabieler wordt. Een soortgelijk procede is wenselijk ter attentie van bovenstaande materialen, zodat deze door middel van een bewerkingsstap geschikt gemaakt kunnen worden.
   RHP: is bezig met het verwaarden van cft afval, het groenafval afkomstig van huishoudens. Je kunt je voorstellen dat er een risico is dat cft niet alleen groenafval bevat, daarom is dit een grote uitdaging wat betreft cft afval.''
2. **Aan welke eisen moet een alternatief substraat voldoen voor de groei van groentegewassen?**
   Sjors: *''Materialen worden vaak onderzocht op bepaalde fysische eigenschappen zoals, de capilaire werking, maar ook chemische eigenschappen zoals de pH en EC. Daarnaast wordt gekeken naar zware metalen en de aanwezigheid van residuen (bestrijdingsmiddelen bijvoorbeeld). Residuen zijn vaak een bottle neck, omdat je dit niet kunt opvangen. Stikstof vastlegging bijvoorbeeld, vaak in vers organische materiaal is ook een uitdaging maar daar kun je deels opvangen met extra bemesting. Producten waar veel zetmeel en suikers in zitten zijn vaak heel gevoelig voor schimmels.*
   Bulkdichtheid is ook één van de parameters naast de andere eigenschappen waarnaar wordt gekeken. Bulkdichtheid zegt iets over de eigenschappen van het materiaal, bulkdichtheid kan ook een indicator zijn of het materiaal aantrekkelijk is qua transport/vervoer.''
3. **Wat is de praktische haalbaarheid van plantaardige reststromen als alternatief substraat om met een lage milieu-impact groentegewassen te kunnen telen?**
   Sjors: *''Klassmann-Deilmann, is op dit moment bezig met bamboe. Bamboe is een snelgroeiend gewas en overal beschikbaar. Bovendien heeft bamboe een antimicrobiele werking. Daarnaast heeft Klasmann een houtvezel product op de markt gebracht, genaamd 'Greenfiber'. Naaldhoutshives worden extern ingekocht. Dit zijn vrij grove snippers, die bij de verwerking uit elkaar worden gereten om houtvezels te verkrijgen. Vaak wordt 20-30% houtvezels door substraten gemengd. De houtige reststanten worden verwerkt bij 80 graden C om het materiaal stabieler te maken en om aanwezige nematoden/pathogenen te doden, om dit in substraten te kunnen gebruiken (wel wordt een beetje stikstof toegevoegd).''*

Sjors: *''Klasmann heeft ook een wilgenproductie, waarvan iedere 4 jaar kan worden geoogst. Wilgenvezels worden 100% ingezet voor bio-energie en zijn op dit moment niet geschikt voor toepassing in substraten.''*

Sjors: *''Verwerking van een materiaal is niet altijd nodig. Veen bijvoorbeeld wordt niet bewerkt of gesteriliseerd.''*

Sjors: *''Een vrij nieuwe verwerkingmethode is 'biochar', het verwarmen van materiaal zonder verbranding, waarbij houtskool/as geproduceerd wordt. Het is een proces waarvoor warmte nodig is, kost energie en is een extra handeling. Daarnaast moet het materiaal niet 'te fijn' zijn indien je het wil gebruiken in een substraat, omdat daarin een bepaalde structuur wel gewenst is.''*

Sjors: *''Interessante zoekplatformen kunnen zijn: VPN, growing media europe, IPSS, SUSGROW en RHP''.*

AERES HOGESCHOOL

Checklist Schriftelijk Rapporteren 2018

Naam: Rienke Bloem
Klas: 4TBC

*De beoordelingscriteria die met een * zijn aangegeven, zijn 'killing points'. Wanneer de beoordelaar daarvan meer dan vijf heeft aangekruist, dien je het rapport/verslag op alle onvoldoende onderdelen te verbeteren. In het afstudeerwerkstuk zijn geen 'killing points' toegestaan.*

1. Het taalgebruik
- ☐ Bevat niet meer dan drie grammaticale, spel- en typefouten per duizend woorden; het rapport/verslag is dan afgekeurd*
- ☐ Heeft een actieve schrijfstijl*
- ☐ Is zakelijk, formeel en objectief *
- ☐ Is coherent (verwijs- en verbindingswoorden)*
- ☐ Heeft een adequate interpunctie*
- ☐ Bevat niet de persoonlijke voornaamwoorden 'ik/ mij/me, jij/je/jou, jullie, u, wij/we/ons' *
- ☐ Is doelgroepgericht*
- ☐ Heeft een uniforme stijl*

2. De ordening
- ☐ Het verslag/rapport heeft een logisch opbouw
- ☐ Elk hoofdstuk heeft een logische alineastructuur
- ☐ Elk hoofdstuk kent een introductie (m.u.v. H.1)

3. Het rapport/verslag
- ☐ Is vrij van plagiaat*
- ☐ De pagina's zijn genummerd*
- ☐ Heeft een uniforme opmaak

4. De omslag
- ☐ Bevat de titel
- ☐ Vermeldt de auteur(s)

5. De titelpagina/het titelblad
- ☐ Heeft een specifieke titel*
- ☐ Vermeldt de auteur(s)*
- ☐ Vermeldt de plaats en de datum*
- ☐ Vermeldt de opdrachtgever(s)*

6. Het voorwoord:
- ☐ Bevat de persoonlijke aanleiding tot het schrijven van het rapport/verslag
- ☐ Bevat persoonlijke bedankjes (persoonlijke voornaamwoorden toegestaan)

7. De inhoudsopgave:
- ☐ Vermeldt alle genummerde onderdelen van het rapport/verslag*
- ☐ Vermeldt de samenvatting en de bijlage(n)
- ☐ Is overzichtelijk/gestructureerd
- ☐ Heeft een correcte paginaverwijzing

8. De samenvatting:
- ☐ Is een verkorte versie van het gehele rapport/verslag
- ☐ Bevat de conclusies
- ☐ Bevat suggesties voor verder onderzoek
- ☐ Bevat geen persoonlijke mening
- ☐ Staat direct na de inhoudsopgave

9. De inleiding
- ☐ Is hoofdstuk 1*
- ☐ Beschrijft het kader/de context en de aanleiding*
- ☐ Geeft inhoudelijke relevante achtergrondinformatie*
- ☐ Bevat de probleemstelling/de onderzoeksvraag*
- ☐ Vermeldt het doel*
- ☐ Bevat een leeswijzer voor het rapport/verslag*

10. Materiaal en methode
- ☐ Beschrijft de gevolgde onderzoeksmethode
- ☐ Motiveert de keuze voor de gevolgde onderzoeksmethode
- ☐ Past bij de probleemstelling/de onderzoeksvraag*
- ☐ Beschrijft de variabelen/eenheden
- ☐ Beschrijft de methode van data-analyse

11. De (opmaak van de) kern
- ☐ De hoofdstukken en de (sub)paragrafen met maximaal drie niveaus zijn genummerd*
- ☐ De hoofdstukken en (sub)paragrafen hebben een passende titel
- ☐ Een hoofdstuk beslaat ten minste één pagina
- ☐ Een nieuw hoofdstuk begint op een nieuwe pagina
- ☐ De zinnen lopen door (geen 'enter' binnen een alinea gebruiken)
- ☐ De figuren zijn (door)genummerd en hebben een passende titel (onder de figuur)*
- ☐ De tabellen zijn (door)genummerd en hebben een passende titel (boven de tabel)*
- ☐ Tabellen en figuren zijn zelfstandig te begrijpen
- ☐ In de tekst zijn er verwijzingen naar figuren en/of tabellen*
- ☐ De tekst bevat verwijzingen naar de desbetreffende bijlage(n)
- ☐ De tekst is ook zonder verwijzingen te begrijpen

12. De discussie
- ☐ Vermeldt de interpretatie(s) van de resultaten
- ☐ Bevat een vergelijking met relevante literatuur
- ☐ Geeft de valide argumentatie weer
- ☐ Evalueert de gevolgde onderzoeksmethode
- ☐ Bevat een kritische reflectie op de eigen bevindingen

13. De conclusies en aanbevelingen
- ☐ Bevatten antwoord(en) op de onderzoeksvraag
- ☐ Zijn gebaseerd op relevante feiten
- ☐ Bevatten geen nieuwe informatie*

14. De bronvermelding
- ☐ Verwijzingen in de tekst zijn conform de APA-normen*
- ☐ De bronnenlijst is conform de APA-normen*

15. De bijlagen
- ☐ Zijn genummerd
- ☐ Zijn voorzien van een passende titel
- ☐ Bevatten geen eigen analyse
- ☐ Zijn overzichtelijk weergegeven