

GROWING A GreenFuture



Auteurs: Sander Van Calker, Veronique de Mey, Tjen van den Berg, Roel Clement
Eindredactie: Harm Jan Thiewes
Datum: 12-02-2018
Versie: Definitive rapportage

Growing a Green Future Benchmark Rapport



Het project 'Growing a Green Future' heeft als doel om bij te dragen aan de overgang van een economie die draait op fossiele grondstoffen naar een economie met biomassa als grondstof. Het streven is om biomassa (landbouwgewassen) te gebruiken voor onder andere inhoudsstoffen, chemicaliën en bouwmaterialen, zodat het gebruik van fossiele grondstoffen beperkt kan worden. De transitie naar een bio gebaseerde economie is een langdurig proces waar komende generaties nog aan moeten werken.

Binnen het project werken elf partners samen aan het zoeken naar nieuwe toepassingen binnen de Biobased Economy.



Samenvatting

In het kader van het Interreg Vlaanderen- Nederland project "Growing a Green Future" beschrijft dit rapport of geteelde vezelgewassen zoals miscanthus, hennep of vlas samen met regionale beschikbare agroreststromen, o.a. uit de glastuinbouw en akkerbouw, als duurzame grondstof kunnen functioneren voor verschillende types high-end office papier en/of kartonnen verpakkingsmateriaal en high-tech papier voor bouw- en infra-applicaties.

Vanuit de maakindustrie bestaat steeds meer interesse naar deze natuurlijke materialen voor high-end / high-tech applicaties – waarbij papier wordt gezien als een halffabricaat voor composieten – waarbij mechanische eigenschappen voor de eindtoepassingen een grote rol spelen. Daarnaast worden in bepaalde toepassingen plantaardige vezelgrondstoffen verkozen boven het op hout gebaseerde alternatief, bijvoorbeeld uit het oogmerk van PR en duurzaamheidsbeleid van het bedrijfsleven.

In dit benchmarkrapport wordt een overzicht geschetst waarbij regionale agrorestvezelstromen met name in Zuid-Nederland aanwezig zijn en wordt de kennis van vlas en hennep, die voornamelijk aanwezig is Vlaanderen, weergegeven. Aan de hand van beschikbaarheid, wanneer deze vrijkomen en waar deze momenteel voor worden ingezet is een scoretabel gemaakt van de mogelijkheden voor papier- en kartontoepassingen van de volgende gewasresten en om deze nader te onderzoeken: uit de glastuinbouw paprika- en tomatenloof, uit de tuinbouw openlucht spruitkoolstronk en wortelloof en –toppen. De uitdagingen en knelpunten van deze reststromen zijn uitdagingen in de teelt, in het wegnemen van vervuiling, in de opslag en verwerking van deze stroom, en in de logistiek. Bij dit laatstgenoemde moet worden gedacht aan transportafstanden, droogstofgewicht versus stortgewicht.

Aan de hand van een aantal inspirerende cases is verduidelijkt welke potentie papier en karton producten hebben waarin agroreststromen reeds zijn verwerkt. Door middel van deze cases is een analyse gemaakt van succesvolle ontwikkelingen, mogelijke uitdagingen en knelpunten waar tegen aangelopen is.

Hieruit blijkt dat nieuwe innovaties moeten worden gebracht vanuit een meer duurzaam karakter met een groene uitstraling, waarbij aangegeven kan worden dat de agroreststromen en vezelgewassen CO₂ langdurige kunnen opslaan, wanneer deze vezels worden verwerkt in producten. Hierdoor wordt beter gebruik gemaakt van de resources die de aarde ons geeft. Door deze grondstoffen lokaal om te zetten en te verwerken tot producten levert dit tevens een verbeterde LCA-waarde. Belangrijk is dat bij deze innovatieve trajecten duidelijk het WAAROM van deze producten wordt belicht en minder het WAT. In dit laatste genoemde worden veelal bestaande uitontwikkelde producten worden vergeleken met nieuwe innovaties. Dit vergelijk is veelal niet een op een te maken.

GROWING A GreenFuture



Bij nieuwe innovatie producten moeten ondermeer de volgende uitdagingen goed in ogenschouw worden genomen, te weten: Schaalgrootte van te maken prototype producten, nog niet geoptimaliseerde logistieke ketens, het verdelen van kosten en baten over de gehele keten en de mate van gelijkende innovatie DNA over de gehele keten. Nieuwe producten vereisen veelal een andere aanpak.

Aan de hand van praktijkproeven met voorbewerkings-, opslagmethoden en het reinigen van de agroreststromen en het verwerken van de vezelgewassen samen met deze reststromen wordt kennis opgedaan over de toepassing van deze natuurvezelstromen als duurzame grondstof voor nieuwe innovatieve papieren en kartonnen producten. Tevens leidt dit tot een bewustwording binnen de keten, over de benodigde investeringen en de nut en noodzaak van verduurzaming binnen de papier- en kartonsector. Verder zal naast kennisontwikkeling, welke zal worden gedeeld via diverse kanalen, nieuwe mogelijke prototypes high-end / high-tech papier worden ontwikkeld, die middels een kennis- en demonstratie bijeenkomst zal worden getoond.



Inhoudsopgave

Samenvatting.....	2
1. Inleiding	5
2. Vraag naar vezelmaterialen	6
2.1. <i>Vezels in de bouw sector.....</i>	<i>6</i>
2.2. <i>Vezels in de papier industrie</i>	<i>7</i>
2.3. <i>Huidige toepassing hennep, vlas en miscanthus.....</i>	<i>9</i>
3. Aanbod van agroreststromen en vezelgewassen	15
3.1. <i>Agroreststromen uit de tuinbouw en openlucht</i>	<i>17</i>
3.2. <i>Agroreststromen uit de glastuinbouw</i>	<i>17</i>
3.3. <i>Agroreststromen uit de akkerbouw</i>	<i>18</i>
3.4. <i>Meerjarige vezel gewassen.....</i>	<i>19</i>
3.5. <i>Conclusie</i>	<i>19</i>
3.6. <i>Van vezel tot toepassing in stappen</i>	<i>20</i>
4. Nieuwe valorisatie trajecten.....	22
4.1. <i>Inspirerende cases.....</i>	<i>23</i>
5. Conclusies en knelpunten	26
5.1. <i>Gekozen agro- en vezelreststromen.....</i>	<i>26</i>
5.2. <i>Uitdagingen en knelpunten.....</i>	<i>27</i>
5.3. <i>Evenwicht tussen vraag en aanbod</i>	<i>29</i>
5.4. <i>Vervolgstappen.....</i>	<i>30</i>
6. Bronvermelding.....	31
Bijlagen.....	32
<i>Bijlage 1 - Overzicht agroreststromen en vezelreststromen.....</i>	<i>33</i>
<i>Bijlage 2 – Scoretabel.....</i>	<i>34</i>
<i>Bijlage 3 - Uitleg scores scoretabel</i>	<i>35</i>



1. Inleiding

In het kader van het Interreg Vlaanderen- Nederland project "Growing a Green Future" wordt bekeken of lokaal beschikbare agrostromen als duurzame grondstof voor verschillende types office papier en kartonnen verpakkingsmateriaal kunnen functioneren. Specifieke aandacht gaat naar vezelgewassen zoals miscanthus, hennep en vlas, samen met regionale beschikbare agroreststromen als potentiële lignine- en/of cellulosebron. Agroreststromen – veelal stromen met korte vezellengte, zullen vanwege hun vezelprestaties niet op zichzelf in high-end / high-tech applicaties kunnen worden ingezet. Door het bijvoegen van hoogwaardige echte vezelgewassen zoals miscanthus, hennep en vlas (lange vezels) kunnen deze applicaties mogelijk wel worden bediend. Hierbij geeft de langere vezel meer sterkte en de korte vezel vaak meer dikte aan het papier.

Vanuit de maakindustrie bestaat steeds meer interesse naar deze natuurlijke materialen voor high-end/high-tech applicaties. Papier wordt in deze applicaties gezien als een halffabricaat voor composieten, waarbij mechanische eigenschappen voor de eindtoepassingen een grote rol spelen. Daarnaast worden in bepaalde toepassingen plantaardige vezelgrondstoffen verkozen bóven het op hout gebaseerde alternatief, bijvoorbeeld uit het oogmerk van PR en duurzaamheidsbeleid van het bedrijfsleven. Hierbij kan worden gedacht aan onder meer high-end applicaties in office paper en/of high-end verpakkingen en/of high-tech papier applicaties voor de verwerking tot papiertapes die met polymeren verwerkt kunnen worden tot biocomposieten.

Hoofdstuk 2 geeft een korte inleiding over de vraag naar agrorestvezels en vezelgewassen voor mogelijke toepassingen in de papier- en kartonindustrie, en voor bouw- en infra-applicatie. Tevens wordt kort beschreven waar deze stromen op dit moment hoofdzakelijk voor worden ingezet. Hoofdstuk 3 volgt met een overzicht van het grensoverschrijdende aanbod van agroreststromen en vezelgewassen die aanwezig zijn in Zuid-Nederland en Vlaanderen. Daarnaast geeft dit hoofdstuk een beschrijving van de uitdagingen met betrekking tot de beschikbaarheid en de kwaliteit van de vezelstromen voor papier- en kartontoepassingen. In hoofdstuk 4 wordt kort uiteengezet hoe door middel van nieuwe valorisatietrajecten een meerwaarde kan worden verkregen uit agrorestvezels en vezelgewassen. In hoofdstuk 5 wordt aan de hand van een aantal inspirerende cases weergegeven wat in voorgaande biogebaseerde trajecten goed is gegaan en waar men rekening mee dient te houden bij de inzet van nieuwe valorisatietrajecten. Tot slot wordt in hoofdstuk 6 het geheel samengevat met een overzicht van mogelijke knelpunten om rekening mee te houden binnen het Interreg Vlaanderen - Nederland project "Growing a Green Future".



2. Vraag naar vezelmaterialen

Binnen dit project wordt gekeken naar high-end en high-tech papier met toepassing als office papier en in de bouwsector. In de bouwsector wordt de combinatie tussen papier en bouwmaterialen al gemaakt in producten zoals bijvoorbeeld gipsplaten en huidplaten (buitenkant van een sandwichpaneel) voor binnenwanden. Om hier een beter beeld bij te krijgen zullen deze twee sectoren hieronder beschreven worden als vezel vragende industrieën.

2.1. Vezels in de bouw sector

Binnen de bouwsector is een vergroeningslag bezig. Daarbij worden niet alleen processen maar ook producten sterk vergroend. Binnen het project Growing a Green Future is in werkpakket 3 de opzet het ontwikkelen van een vakantiewoning met zoveel mogelijk groene bouwmaterialen. Hierbij wordt getoond dat in veel gevallen de huidige, vaak olie en hardhout gebaseerde, producten vervangen kunnen worden door groene alternatieven gebaseerd op biopolymeren en vezelgrondstoffen uit de regio.

Door gebruik te maken van deze groene alternatieven kan de CO₂ footprint worden verkleind. Hiermee wordt ingespeeld op de doelstellingen van de Europese Unie om beter met de resources van de aarde om te gaan. Deze staan onder meer beschreven in: "The 7th environment action program (EAP)" en "The Waste Framework Directive (2008/98/EC)". Deze laatste regulering maakt onderscheid tussen "afval" uit bijvoorbeeld kassen en producten.

Huidige grondstoffen in de bouw zijn gebaseerd op hout, cement en o.a. synthetische vezels in de vorm van balken, sandwich platen en isolatiematten. Naar schatting wordt hiervoor jaarlijks ca. 2,3 miljoen ton hout op droge stof basis¹, ca. 4,8 miljoen ton cement², waarvan ca. 50% gebruikt in de bouw, en ca. 5,5 miljoen ton glaswolisolatie³ ingezet. Huidige prijzen zijn respectievelijk in 600 tot 2000 euro per m³, 95 tot 110 euro per m³ en 12 euro per m². De prijs voor biogebaseerde alternatieven kan mogelijk hoger liggen, maar door slim te construeren kan de prijs/prestatie verhouding juist gunstiger zijn dan het huidige product.

Daarnaast is de filosofie van de alternatieve bouwmaterialen gebaseerd op een langere levensduur dan gebruikelijk. Daarmee wordt de CO₂-footprint aanzienlijk verlaagd. O.a. met Eco-Design en de Ashby Methode is te berekenen waar potentieel de milieuwinst te behalen is.

¹ bron: Nederlandse houtstromen in beeld – Probos

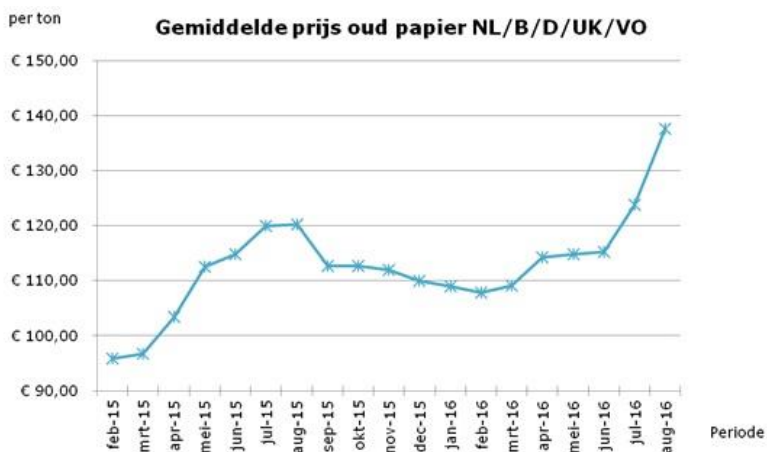
² bron: www.Cementenbeton.nl

³ bron: Isover Saint-Gobain



2.2. Vezels in de papier industrie

Na jaren van opschaling en procesoptimalisatie is in de papierindustrie momenteel een kantelpunt bereikt. Fabrieken kunnen zich niet meer onderscheiden door lage kostprijzen. In plaats daarvan moet dit op productniveau aangepakt worden. Veel Nederlandse en Vlaamse papierfabrieken gebruiken momenteel gerecycled papier dat afkomstig is uit het Nederlands inzamelcircuit. Door de toename van productie in landen zoals China en India komt deze inzamelketen onder druk te staan en wordt een stijging en schommeling van prijzen van de gerecyclede papiervezel waargenomen van in februari 2015 96 euro per ton droge stof naar 137 euro per ton droge stof in augustus 2016. Het vooruitzicht voor de komende jaren is een verdere stijging.

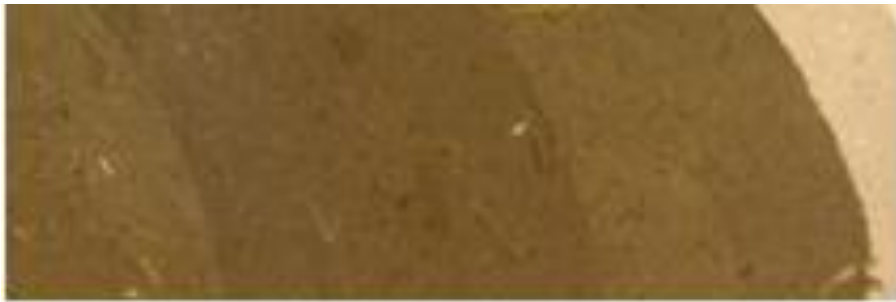


Figuur 1: Prijsstijging grondstof gerecycled papier.⁴

Veel van de nu gemaakte producten kunnen prima aangevuld worden met agroreststroom alternatieven zoals de voorbeelden met graspapier/liner (buitenste laag kartonnen doos) of graskarton al laten zien. Echter, in bepaalde gevallen, zoals in meubelplaten en sandwichmaterialen wordt er een hogere kwaliteit gevraagd welke niet kan worden bereikt met deze jonge agroreststroom alternatieven. Dit vraagt om bijmenging van kwalitatief goede vezels. Hierbij kan worden gedacht aan vezels uit gewassen zoals vlas, hennep en miscanthus.

⁴ <https://www.acket.nl/nieuwstitel/nieuwsarchief/222-marktontwikkelingen-karton.html>

GROWING A GreenFuture



Figuur 2: Papier van grasvezels



Figuur 3: Microscopische opname papiervezel (links) en een agrovezel (rechts)

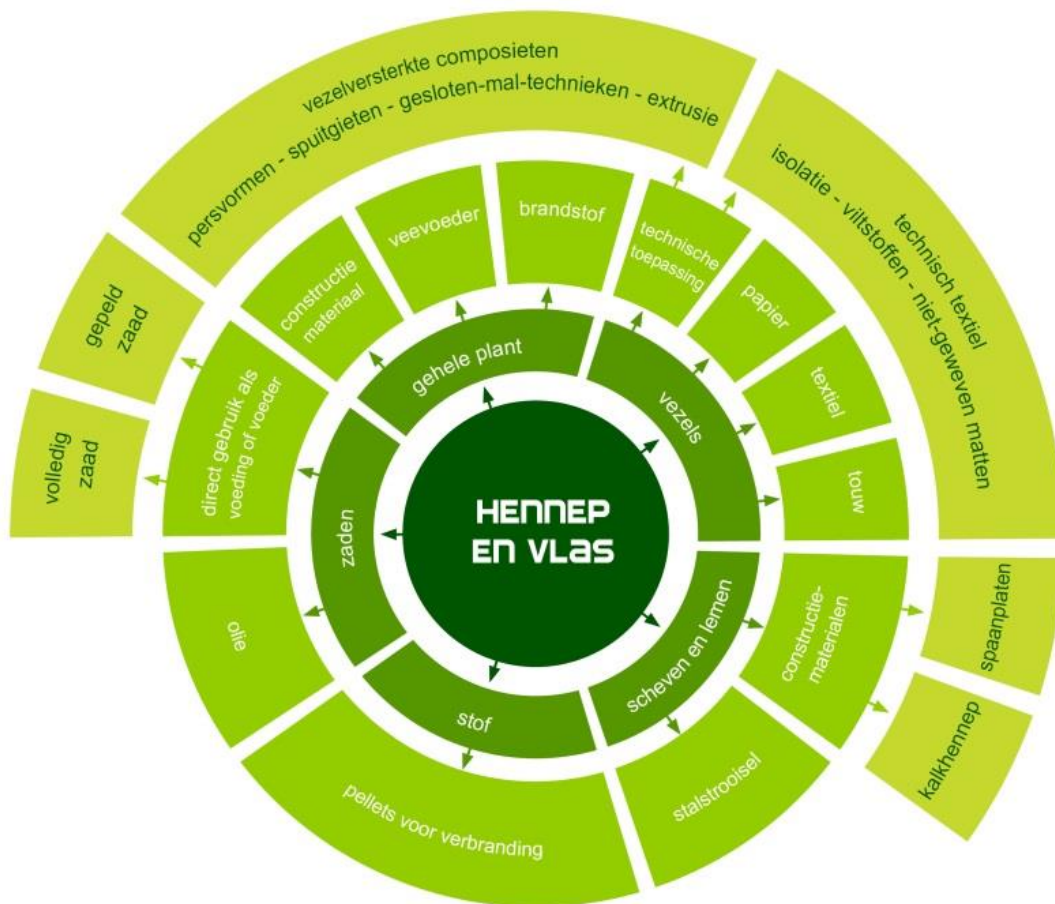
Binnen dit project ligt de focus op de ontwikkeling van een biogebaseerde office-papier en een hightech biogebaseerd papier dat kan worden gebruikt voor de toepassing in sandwichpanelen of plaatmaterialen. Kostprijzen voor de huidige producten liggen momenteel op ca. 2 tot 3 euro per kg voor office-papier (groothandel: Viking) en 3 tot 4 euro per kg "bouwpapier" (Kraftliner voor gipsplaten). Deze prijzen zijn gebaseerd op uit ontwikkelde en geoptimaliseerde bulk productie.

Het project 'Growing a Green Future' is gefinancierd binnen het Interreg V-programma Vlaanderen-Nederland, het grensoverschrijdend samenwerkingsprogramma met financiële steun van het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling. Meer info: www.grensregio.eu



2.3. Huidige toepassing hennep, vlas en miscanthus

De toepassingsmogelijkheden van vlas en hennep zijn grotendeels gelijkwaardig. In Figuur 4 is een overzicht gemaakt van de toepassingen van de gehele plant en per onderdeel van de plant. Vlas en hennep zijn namelijk opgebouwd uit verschillende functionele onderdelen: het zaad, de vezels, de houtachtige delen (scheven of lemen) en ten slotte het stof dat vrij komt bij verwerking. Hoewel de toepassingsmogelijkheden gelijkwaardig zijn, hebben vlas en hennep wel hun eigen 'specialisaties'. Dit is afhankelijk van de manier van oogsten en verwerken, de kenmerken van de plant en de vraag uit o.a. de textiel- en composietsector.



Figuur 4: Toepassingsmogelijkheden vlas en hennep

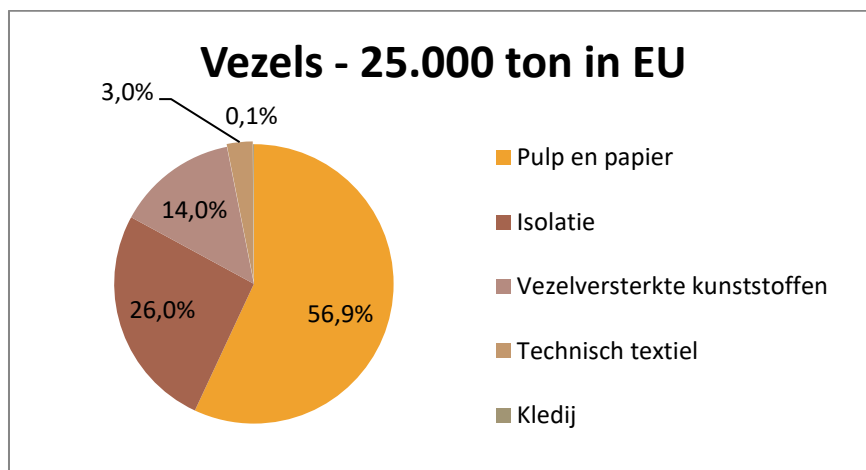


2.3.1. Hennep

In 2013 werd op 25.000 ha industriële hennep geteeld in Europa. De productie van hennepvezels bedroeg 25.000 ton (Figuur 5). De papierindustrie is de grootste afnemer (57%). Vóór de herintroductie van de hennepcultuur in Europa in de jaren '90, werden de hennepvezels bijna alleen gebruikt voor toepassingen met pulp en papier (>95%). Door de hoge prijs van hennepvezel, ongeveer vijf keer hoger dan houtpulp, waren de toepassingen beperkt tot sigaretten- en bijbelpapier, technische filters en bankbriefjes. De papier en pulp markt was voor hennep een vrij stabiele markt in de laatste decennia, maar er wordt ook geen marktgroei verwacht. Het is daarnaast ook een risicovolle markt omdat vanuit technisch oogpunt, de hennepvezel in de meeste gevallen probleemloos vervangen kan worden door goedkopere houtvezel.⁵

Kleinere aandelen van de hennepvezel gaan naar de isolatiesector (26%) en vezel versterkte kunststoffen (14%), welke voornamelijk gebruikt worden in de auto-industrie (14%)⁵.

Hennepvezels worden al duizenden jaren ingezet voor de productie van touw en textiel. Dankzij de druk van de katoen- en synthetische vezelindustrie is het gebruik van de hennepvezel in deze sector meer en meer in de vergetelheid geraakt. Echter wat je met katoen kan maken, is ook mogelijk met hennep, maar dan met aanzienlijk minder impact op het milieu.



Figuur 5: Toepassingen Europese hennepvezel⁵

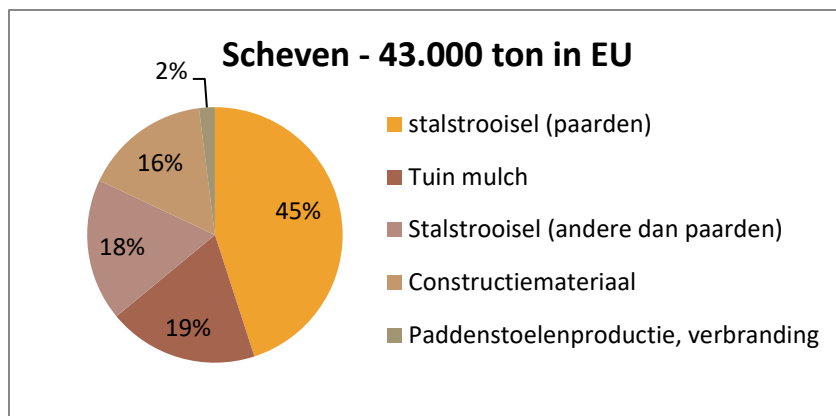
In 2013 werden in Europa 43.000 ton hennepscheven geproduceerd. De houtachtige delen van de hennepstengel. Deze scheven, worden voornamelijk als hoogwaardig stalstrooisel gebruikt (45% + 18%) (Figuur 6). Dankzij het sterke absorptievermogen van hennepscheven zijn deze ook ideaal als bodembedekker (19%) voor gebruik in de tuin of in een wijngaard, boomgaard, groenteteelt, enz. ⁶.

⁵ Carus, M., Sarmiento, L, 2016

⁶ La Chanvrière de l'Aube, Z.D.

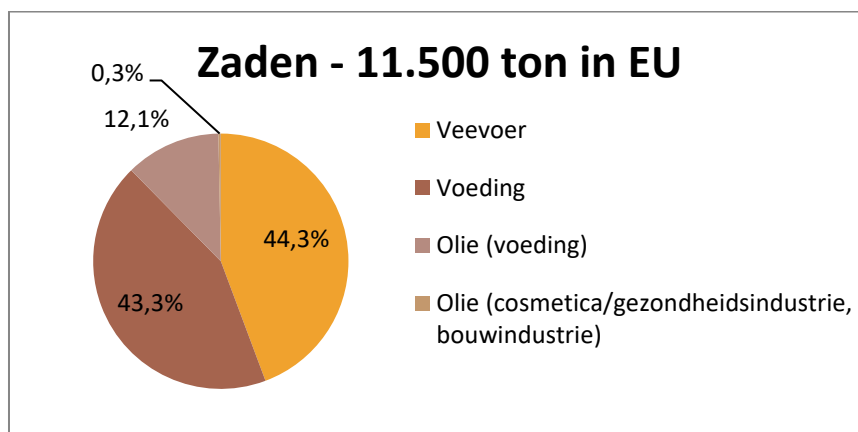


De scheven kunnen als los gestort isolatiemateriaal of als granulaat in constructieblokken (licht en isolerend) of bepleistering gebruikt worden (16%). Hennepscheven hebben een heel lage dichtheid en een sterke geluids- en thermisch isolerende werking.



Figuur 6: Toepassing Europese hennepscheven⁵

In 2013 bedroeg de hennepzaadproductie in Europa 11.500 ton. Hennepzaad en -olie kan voor zowel menselijke (43%) als dierlijke voeding (45%) worden gebruikt. De olie kan ook als beschermende impregnatie voor hout en andere poreuze oppervlakken gebruikt worden.



Figuur 7: Toepassingen Europees hennepzaad⁵

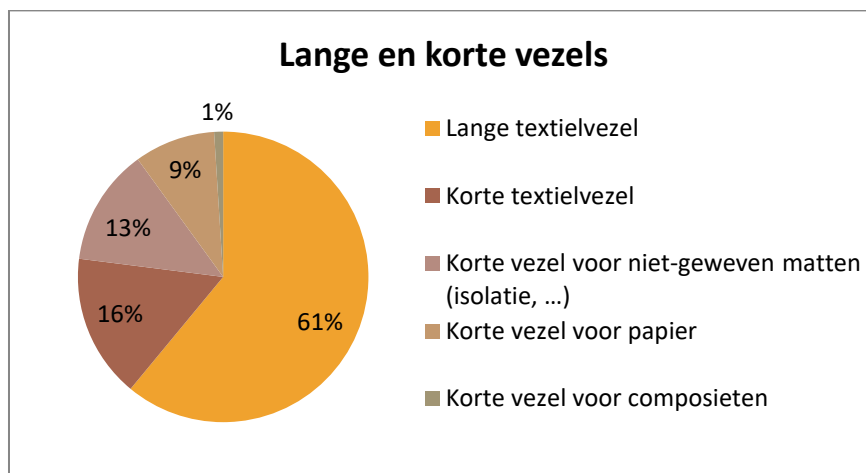


2.3.2. Vlas

Vezelvlas wordt historisch geteeld voor textieltoepassingen. Nog steeds is 90% van het Europese linnen bestemd voor de textielmarkt, 60% voor kledij, 15% voor huishoudlinnen en 15% voor meubels en lifestyle. 10% van de geproduceerde vezels is bestemd voor technische toepassingen: constructiemateriaal, isolatie, vezel versterkte kunststoffen voor de auto-industrie, boten, sportuitrusting en kantoorbenodigdheden zoals papier.⁷

Natuurvezels uit vlas, maar ook uit hennep, winnen aan interesse vanwege hun goede eigenschappen en scoren goed op het vlak van duurzaamheid. Voor homogene, goed gerote partijen liggen de prijzen zo om en nabij de 1,9 tot 2,4 euro per kg.⁸ Voor partijen met gebreken liggen deze prijzen lager en staan deze onder druk. Uitbreiding van spincapaciteit en tevens stagnatie van interesse uit de belangrijke Aziatische economieën zijn hiervan de oorzaak. In vergelijking met katoen is de vlasvezel een relatief dure vezel. Hierbij kan worden opgemerkt dat ook de kosten van spinnen en weven van vlas hoger zijn dan voor katoen.

Figuur 6 en 7 geven een overzicht van de toepassingen voor vlasvezels in 2003. Volgens recente marktgegevens van CELC (2014) is er een significante trend in Europa dat de markt voor technische toepassingen (bouwmaterialen en composieten) langzaam aan het toenemen is in volume in vergelijking met de krimpende textielmarkt. Vezels voor technische toepassingen worden afgeleid uit deze voor textieltoepassingen, namelijk de klodden of korte vezels die naast de lange textielvezel bij de verwerking bekomen worden.

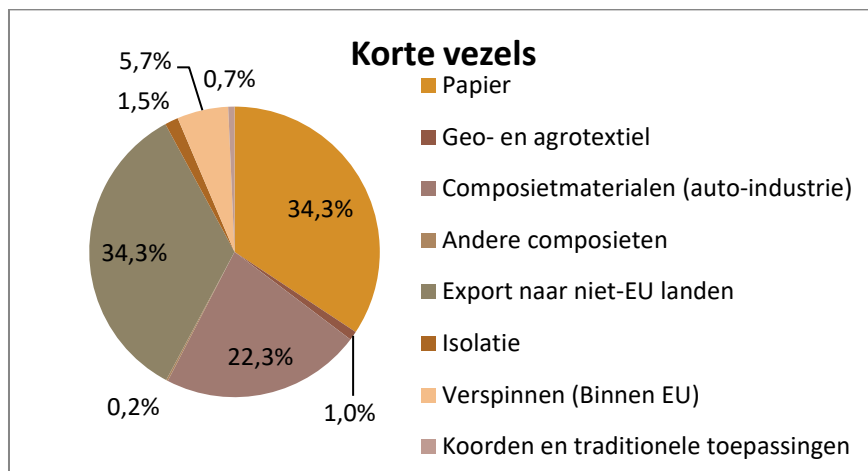


Figuur 8: Afzetmarkten voor Europese lange en korte vezel in 2003 (op basis van afzethoeveelheid)⁹

⁷ CELC, Z.D.

⁸ bron: www.boerenbusiness.nl/akkerbouw

⁹ Carus, 2010



Figuur 9: Afzetmarkten voor Europese korte vezel in 2003 (op basis van afzethoeveelheid) ⁹

De vlas lemen/scheven kunnen net zoals die van hennep gebruikt worden als stalstrooisel, bodembedekking, oesterzwamsubstraat, spaanplanten, enz. Lijnolie heeft diverse toepassingen. Naast het gebruikt ervan in voeding, farmacie en cosmetica, bestaan er eveneens een aantal toepassingen in de bouw. Van oudsher werd het gebruikt in verven en vernissen. Moderne oplosmiddelen in verf belasten enorm het milieu. Hedendaags is dit besef gegroeid waardoor lijnzaadolie terug meer gebruikt wordt.

2.3.3. Miscanthus

Het hedendaagse geteelde miscanthus of olifantsgras wordt momenteel voor diverse toepassingen ingezet. In Europa wordt momenteel ca. 19.350ha op jaarbasis verbouwd, waarbij het meest wordt geteeld in de UK (ca. 10.000ha). In Nederland en België wordt respectievelijk 250ha en 100ha op jaarbasis verbouwd. ¹⁰ In het eerste jaar na aanplant bedraagt de droge stofopbrengst 5 ton per ha. In dat jaar wordt nog niet geoogst. In het tweede jaar verdubbelt de droge stofopbrengst tot 10 ton per ha. Verwacht wordt dat de opbrengsten vanaf het derde jaar stabiel zullen blijven. In de polders verwacht men de beste opbrengst, 22 ton droge stof per ha. In de leemstreek verwacht men een opbrengst van 20 ton droge stof per ha. In de zandleemstreek en in de zandstreek verwacht men opbrengsten van respectievelijk 18 ton per ha en 13 ton droge stof per ha. Deze gegevens zijn afkomstig van extrapolatie van experimenten uit het buitenland en zijn dus vrij onzeker. De afwijking rond deze gemiddelden wordt geschat op 3 ton droge stof per ha. ¹¹

Het merendeel van het geoogste miscanthus wordt verder verkleind om aansluitend te kunnen inzetten voor onder andere stalstrooisel in de pluimvee sector, of als onkruidbestrijding (Mulch), als

¹⁰ Cradle Crops, 2017

¹¹ Schriftelijke mededeling, Muylle, ILVO

GROWING A GreenFuture



substraat voor het kweken van oesterzwammen, als additief in beton, als veevoeder, als bio-energiebron (kachel-pellets), of de vezels worden ingezet in lichtgewicht vezelplaten ter vervanging van vlasscheven. Daarnaast kan de miscanthus verder worden ontsloten. Hierdoor wordt een kwalitatief goede vezel verkregen die onder andere kan worden ingezet in hygiëne papier. Doordat de grondstof nog niet op zeer grote schaal wordt geteeld en doordat er meerdere afnemende markten zijn, is de grondstof nogal marktgevoelig. Een exacte verdeling waar het miscanthus wordt ingezet is niet duidelijk.

Het project 'Growing a Green Future' is gefinancierd binnen het Interreg V-programma Vlaanderen-Nederland, het grensoverschrijdend samenwerkingsprogramma met financiële steun van het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling. Meer info: www.grensregio.eu



3. Aanbod van agroreststromen en vezelgewassen

De land- en tuinbouw sector produceert primair voer- en voedselgewassen voor binnenlandse consumptie en export. Slechts een klein percentage van de producten uit de land- en tuinbouw wordt volledig aangewend voor non-food/feed toepassingen. Bij de productie en verwerking van de grondstoffen uit de land- en tuinbouw ontstaat er een grote hoeveelheid reststromen en bijproducten. Een groot deel van deze biomassa blijft onbenut of kent een laagwaardige toepassing zoals verbranding. Innovaties en ontwikkelingen binnen de biogebaseerde economie resulteren in een hoogwaardigere valorisatie van deze biomassa.¹² In de huidige fase binnen de transitie naar een biogebaseerde economie richt men zich op de ontwikkeling van nieuwe (biogebaseerde) producten op basis van grondstoffen afkomstig van (beschikbare) agrarische reststromen en/of specifieke teelten zoals vezel of oliehoudende gewassen.¹³ (In dit hoofdstuk wordt de aanbodzijde van deze agrarische reststromen en vezelgewassen nader toegelicht.

Om de aanbodzijde van de (potentiele) groene grondstoffen in beeld te brengen is een brede inventarisatie uitgevoerd van verschillende teelten en producten vanuit de agrarische sector. Deze zijn onder te verdelen naar een aantal specifieke clusters, zoals tuinbouw openlucht waaronder, bloemkool, bonen, erwten, prei, spruitkool en wortel; glastuinbouwgroente waaronder, sla, paprika, tomaat en komkommer; akkerbouw gewassen waaronder, vlas, hennep, korrelmais, tarwe, koolzaad en suikerbieten; en ten slotte meerjarige gewassen waaronder, Miscanthus en Korte Omloop Hout (KOH).

De inventarisatie beschrijft per gewas het huidige areaal, volume, reststroom, kwaliteit en periode van oogst/vrijkomen van de reststroom. Aan deze inventarisatie is een scoretabel gekoppeld om de meest interessante stromen voor vezeltoepassingen, meer specifiek voor papier- en kartontoepassingen, te kunnen kwantificeren. De uitleg van de scores en de complete inventarisatie van de agroreststromen is weergegeven in Bijlage 1.

¹² <http://www.biobasedeconomy.nl/wat-is-biobased-economy/themas/biomassa/duurzame-delen-planten/>

¹³ <http://www.molcom.nl/2014/03/18/jan-rotmans-enorme-kansen-voor-verwaarden-agrarische-reststromen/>).



Tabel 1: Overzicht scoretabel

			Scoretabel Vlaanderen						Scoretabel Nederland					
			Huidige toepassing	Kwaliteit vd vezel	Beschikbaarheid	Kosten - o.a. drogen en reinigen	Volume reststroom	Gemiddelde	Huidige toepassing	Kwaliteit vd vezel	Beschikbaarheid	Kosten - o.a. drogen en reinigen	Volume reststroom	Gemiddelde
Akkerbouw														
Bloemkool	Industrie	Loof en stengel	4	2	3	1	5	15	4	2	3	1	4	14
		Bloemkoolharten	4	1	5	1	2	13	4	1	5	1	1	12
	Vers	Loof en stengel	4	2	3	1	2	12	4	2	3	1		10
		Minder kwalitatieve en te kleine bloemkolen	4	1	5	1	1	12	4	1	5	1		11
Bonen	Industrie	Loof	4	2	2	3	4	15	4	2	2	3	4	15
		Bonen (rest op het veld)	4	1	2	3	1	11	4	1	2	3	1	11
Erwten	Industrie	Bladeren, stengel en peul	4	2	2	3	4	15	4	2	2	3	5	16
			4	2	2	3	1	12	4	2	2	3		11
Prei	Industrie	Bovenste deel groene bladeren	3	2	3	2	2	12	3	2	3	2	3	13
		Buitenste bladeren												
	Vers	Wortels												
		Bovenste deel groene bladeren	3	2	3	2	4	14	3	2	3	2		10
Spruitkool	Industrie	Loof (stokken)	4	3	4	4	5	20	4	3	4	4	5	20
		Te grote en minder kwalitatieve spruiten	4	1	4	2	1	12	4	1	4	2	1	12
Wortel	Industrie	Loof	4	3	3	4	3	17	4	3	3	4	5	19
		Toppen	4	3	3	4	2	16	4	3	3	4	3	17
	Vers	Loof	4	3	3	4	2	16	4	3	3	4	4	14
		Te kleine wortelen	4	3	4	4	1	16	4	3	4	4		15
Glasgroenten														
Sla (kropsla, veldsla, ijsbergsla)	Vers	Minder kwalitatieve sla	4	1	5	2	3	15	4	1	5	2	5	17
Paprika	Vers	Loof	5	4	3	5	1	18	3	4	2	5	4	18
		Minder kwalitatieve paprika	4	1	5	5	1	16	4	1	3	5	2	15
Tomaat	Vers	Loof	5	4	3	5	3	20	3	4	2	5	5	19
		Minder kwalitatieve tomaten	4	1	5	5	1	16	4	1	3	5	3	16
Komkommer	Vers	vrucht		1		1		2		1	2	1		4
		plant		3		3		6		3		3		6
Akkerbouw gewassen														
Vlas	Industrie	Vezel	4	5	4	5	3	21	2	5	4	5	2	18
		Scheven	4	5	4	5	3	21	2	5	4	5	3	19
Hennep	Industrie	Vezel	4	5	4	5	1	19	2	5	4	5	2	18
		Scheven	4	5	4	4	1	18	2	5	4	4	3	18
Korrelmals	geen veevoer	Stengel	4	5	3	4	5	21	4	5	3	4	5	21
		Spil en schutblad	4	4	3	4	4	19	4	4	3	4	4	19
Tarwe (zomer en winter)		Stro	3	5	3	4		15	3	5	3	4	2	17
Koolzaad		Stro	4	5	3	4	1	17	4	5	3	4	1	17
Suikerbieten		bietenpulp	4	4	1	2		11	4	4	1	2	3	14
Doorlevende gewassen														
Miscanthus		Gehele plant	3	5	3	5	2	18	3	5	3	5	4	20
Korte Omloop Hout			3	5	3	4		15	3	5	3	4	2	17

In de volgende paragrafen wordt per cluster verder ingegaan op de genoemde aspecten, met het oog op 'kans rijkheid' voor papier- en/of kartontoepassingen. Daarnaast worden uitdagingen met betrekking tot de beschikbaarheid en kwaliteit van vezelreststromen voor papier- en kartontoepassingen besproken. Uiteindelijk wordt besloten welke (korte en lange) vezelgewassen het meest geschikt lijken voor papier- en kartontoepassingen.

Het project 'Growing a Green Future' is gefinancierd binnen het Interreg V-programma Vlaanderen-Nederland, het grensoverschrijdend samenwerkingsprogramma met financiële steun van het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling. Meer info: www.grensregio.eu



3.1. Agroreststromen uit de tuinbouw en openlucht

De agroreststromen vrijkomend vanuit de tuinbouw openlucht bestaan uit de gewasresiduen zoals blad- en stengelresten die overblijven na de oogst van de producten. De gewasresten blijven achter op het land tijdens de oogst, die over het algemeen plaatsvindt in het najaar. Om de gewasresten te verzamelen voor een biogebaseerde toepassing zal de reststroom ook geoogst moeten worden. Over het algemeen is deze eerste processtap kosten- en/of arbeidsintensief omdat bestaande mechanisatie hier niet 100% is aangepast.

Daarnaast mag de negatieve impact op de bodemkwaliteit en -vruchtbaarheid van het verwijderen van de biomassa die anders op het veld achterblijft niet onderschat worden. Het verwijderen van de reststromen kan er evenwel ook voor zorgen dat er minder stikstofuitspoeling is in het najaar en er minder ziekteontwikkeling kan optreden die negatieve effecten kan hebben op het vervolggewas.¹⁴ Het afvoeren van reststromen binnen de tuinbouw openlucht heeft als gevolg dat de teler vaak een andere meststof / bron van organische stof moet toevoegen, waarmee extra kosten zijn gemoeid.

Veel van de gewasresten uit de tuinbouw openlucht zijn over het algemeen relatief vochtig en bezitten relatief weinig vezels. Hoewel er van de genoemde gewassen binnen deze cluster een grote mate aan reststromen beschikbaar zijn, lijken de meeste gewasreststromen om de genoemde redenen weinig kansrijk voor de toepassing in papier en/of karton. Uit de scoretabel blijken spruitstokken – en de toppen van wortel het meest kansrijk.

3.2. Agroreststromen uit de glastuinbouw

De gewasresten uit de glastuinbouw moeten jaarlijks tegen (hoge) kosten voor de teler worden afgevoerd. De piek in afvoer van agrorestroom is rond november en bestaat uit de planten waaraan gedurende het teeltseizoen tomaten, komkommers en/of paprika's hebben gegroeid. De huidige toepassing van deze reststroom is de verwerking tot compost. In de huidige marktsituatie wordt de afvoer- en compostering van de agroreststroom uit de glastuinbouw uitbesteed aan loonwerkers en grote composteerbedrijven. Restromen uit de glastuinbouw zijn de enige reststromen binnen de plantaardige land- en tuinbouwsectoren die de ondernemer geld kosten om af te voeren. In de scoretabel is hier rekening mee gehouden. Het ontwikkelen van nieuwe hoogwaardige toepassingen voor de reststroom van de glastuinbouw draagt naast het verduurzamen van de sector bij aan het versterken van de economische positie van de glastuinbouw. Daarom wordt aan de kosten van afvoer en zuivering van de reststroom een hoge score toegekend in de scoretabel.

¹⁴ Kips, L. (2017). Characterization and processing of horticultural byproducts: a case-study of tomato and Belgian endive roots. PhD-dissertation, Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University, Belgium.



De plantgewasresten uit de glastuinbouw bezitten veel vezels. In de afgelopen jaren zijn binnen verschillende projecten reeds proeven gedaan om nieuwe producten te maken vanuit deze vezels waaronder bouwmaterialen en papier en karton.¹⁵ Mede door deze opgedane kennis lijkt het toevoegen van vezels uit gewasresten uit de glastuinbouw kansrijk binnen (high-end) papier en karton toepassingen. Tomaten- en paprikaloof komen uit de scoretabel naar voor als meest kansrijk.

3.3. Agroreststromen uit de akkerbouw

De akkerbouw kent een zeer divers aanbod van producten. Net zoals bij de tuinbouw speelt binnen de akkerbouw de aandacht voor een gezonde bodem waarin de gewasresten een belangrijke functie bekleeden.

Binnen deze benchmark is de verdeling gemaakt tussen vezelgewassen (vlas en hennep) en overige productiegewassen voor voeding en voer. De akkerbouw is van oudsher bekend met de teelt van vlas die wordt ingezet voor non-food toepassingen. In het verleden werd de lange vezel uitsluitend gebruikt voor hoogwaardige textieltoepassingen, de korte vezel werd onder meer in papier gevaloriseerd. Een bekend voorbeeld hiervan is het 1 dollarbriefje dat gemaakt wordt van katoen gemengd met vlas. Steeds meer is er interesse om de vezel, zowel kort als lang, te gebruiken in bouwmaterialen en kunststoffen. Hennep kent in Vlaanderen en Nederland eveneens een rijke geschiedenis. De teelt van hennep was een tijdlang verboden door het negatieve imago van de hennep. De industriële hennep bevat echter maximum 0,2% THC, de stof die zorgt voor de psychoactieve werking. Sinds de jaren '90 is de teelt weer toegestaan en sindsdien is er een langzame revival bezig.

In toenemende mate vindt de teelt van hennep plaats in Nederland en Vlaanderen. Zoals in hoofdstuk 2 beschreven. De 'typisch' lange vezel gewassen vlas en hennep lenen zich voor toepassingen in papier en karton, doordat de lange vezels sterkte geven aan het papier en/of karton. Dit blijkt ook uit de scoretabel. Reststromen van andere types akkerbouwgewassen zoals tarwestro, koolzaadstro en de stengel van korrelmaïs komen als zeer kansrijk uit de scoretabel naar voren. Tarwestro kent momenteel reeds verschillende toepassingen, voornamelijk als stalstrooisel maar wordt ook gebruikt als bouw materiaal. Deze toepassingen sluiten echter het gebruik van tarwestro in papiertoepassingen niet uit.

Korrelmaïs wordt op dit moment gebruikt voor veevoer. Hiervoor wordt alleen de vrucht gebruikt, en niet de gehele plant zoals het geval is bij snijmaïs. De plant wordt wel ingezet als organische stof voor de bodem door deze onder te ploegen op het land. De gewasresten van korrelmaïs hoeven dus niet te worden aangemerkt als veevoer. De vraag rest of een andere, hoogwaardigere toepassing voor deze gewasresten meerwaarde voor de boer oplevert. Wanneer ze niet meer fungeren als organische stof op het grondgebied van de boer moet de ondernemer kosten maken om een andere bron van organische stof of bemesting aan te wenden op het land.

¹⁵ <http://www.gfactueel.nl/Glas/Achtergrond/2013/3/Gewasafval-tot-waarde-maken-1200417W/>



De gewasresten van koolzaad krijgen ook een hoge score in de scoretabel. Na het dorsen van koolzaad, blijft het stro achter op het veld. Om koolzaadopslag in de volgteelten te mijden, is het van belang om het stro te hakselen of te persen, zodat het zaad dat achterblijft op het veld kan kiemen. Het gehakselde stro wordt gebruikt als structuurbron bij melkkoeien en als stalstrooisel.¹⁶ Om weg te blijven van de food/feed discussie zullen binnen dit project de gewasresten van koolzaad niet verder worden onderzocht voor de toepassing in papier en karton.

Voor dit project wordt om bovengenoemde redenen gekozen om binnen de categorie akkerbouwgewassen aan de slag te gaan met de vezelgewassen hennep en vlas.

3.4. Meerjarige vezel gewassen

De teelt van meerjarige gewassen zoals Miscanthus en Korte Omloop Hout (KOH) kent een groeiend areaal in Nederland en Vlaanderen.¹⁷ Momenteel worden deze gewassen voornamelijk geteeld voor lokale energievoorziening.¹⁸ Hiernaast worden er op verschillende niveaus onderzoeken uitgevoerd om hoogwaardigere toepassingen te ontwikkelen voor de grondstof. De vezels uit Miscanthus zijn toegankelijker dan de vezels uit KOH. Dit komt met name door het hogere droge stof gehalte en de betere kwaliteit van de vezel in miscanthus. Daarnaast worden de reststromen van KOH veelal opgeëist voor de verbranding in energiecentrales. Om deze redenen lijkt miscanthus kansrijker voor een papier- of kartontoepassing.

3.5. Conclusie

Op basis van deze inventarisatie en de resultaten van de scoretabel zullen de mogelijkheden voor papier- en kartontoepassingen van de volgende gewasresten verder worden onderzocht: uit de glastuinbouw paprika- en tomatenloof, uit de tuinbouw openlucht spruitkoolstronk en wortelloof en -toppen, en de vezelgewassen vlas, hennep en miscanthus. Deze gewasresten brengen we onder in de volgende top 5:

1. Tomatenloof
2. Paprikaloof
3. Spruitkoolstronk
4. Wortelloof- en toppen
5. Vezelgewassen (vlas, hennep, miscanthus)

¹⁶ http://www.vestjensstro.nl/melkvee_gehakseld-koolzaadstro

¹⁷ (<http://www.dutchbiorefinerycluster.nl/nieuws/nieuwsarchief/opmars-van-vlas-en-hennep/36>)

¹⁸ <http://www.probos.nl/projecten/meer-biomassa/1266-houtige-biomassateelt-voor-kleinschalige-warmte-opwekking>



3.6. Van vezel tot toepassing in stappen

In deze paragraaf wordt kort toegelicht hoe van agroreststromen vezelpulp gemaakt zouden kunnen worden. Deze vier processtappen zijn bedoeld om agroreststromen om te zetten in pulpstromen die geschikt zijn voor de papier en karton industrie. Vezels die uit dit soort processen komen zijn tussen 1 en 3 mm lang.

3.6.1. Verwerking en opslag

Het aanbod van agroreststromen vindt plaats in een piek, het maai-/oogstseizoen, terwijl de vraag naar vezels gelijkmatiger over het jaar gespreid zal zijn. Hiervoor is het noodzakelijk om de gewasresten die beschikbaar komen te ontsluiten en zo te bewerken dat deze voor langere periode (max. 12 maanden) zijn op te slaan. Er zijn verschillende technieken mogelijk om de reststroom voor te bewerken zoals versnipperen, drogen, inkuilen, persen, pelletiseren etc. Afhankelijk van de toekomstige toepassing zal onderzocht moeten worden welke voorbewerking en opslagmethode het meest geschikt is.

3.6.2. (Agro) vezel opwerking "fabriek"

Het gebruik van agroreststromen als alternatieve grondstof t.o.v. houtcellulose vraagt om een geheel nieuw proces. Dit nieuwe proces is nodig, omdat de grondstof zachter is dan hout en door een intensieve aanpak kan de vezel gemakkelijk vernield worden.

Om de grondstof te homogeniseren wordt bij hout-vervezeling gechipt, dit kan bij agroreststromen door middel van verkleinen/hakselen en inkuilen. Het droogstof gehalte wordt hierdoor hoger en kleinere vezelbundels zorgen voor een goede bereikbaarheid van energie en chemie/enzymen. Een positieve bijwerking van het inkuilen van agroreststromen is een verzwakking van lignine door het zure milieu. Het verzwakken wordt veroorzaakt door melkzuur dat ontstaat uit bacteriën in de kuil tijdens de opslag.

Voor het ontsluiten van houtvezels worden momenteel nog veel mechanische en semi-chemische processen gebruikt. Houtlijpprocessen worden bij temperaturen van 90-125°C bedreven. Deze temperaturen worden veroorzaakt door wrijving. De agroreststromen hebben over het algemeen minder energie nodig dan de cellulose uit hout en worden ook wel mechanische ontsluiting genoemd. Dit kan worden uitgevoerd in een refiner.



Daarnaast bevinden zich, net als bij het traditionele houtproces, nog vezels die te lang of te kort zijn. Een sortering van vezels na de ontwikkeling verhoogd de kwaliteit van de pulp doordat deze minder onzuiverheden bevat. Tijdens het pulpen van oud papier wordt gebruik gemaakt van een pulper, waarin het papier en karton kapotgeslagen wordt door een krachtige waterstroom. Eenzelfde proces wordt gebruikt voor het losmaken en desintegreren van agrovezels.

Het is mogelijk dat na deze drie intensieve stappen de cellulose van het lignine vrij is, maar nog weinig fibrillen bevat waardoor de sterkte nog tegenvalt. Deze vezels worden in een additionele refiner stap ontwikkeld.

3.6.3. Vervuiling in de vezelstromen

De boven genoemde proceslijn kan enkel gevolgd worden als het aandeel vervuiling zo laag mogelijk is, dat wil zeggen de huidige collectie van agroreststromen beter afgestemd moet worden op nieuwe toepassingen. Bijvoorbeeld bij de teelt van gewassen binnen de glastuinbouw worden de planten langs touwtjes geleid met behulp van clips. Deze touwtjes en clips komen deels met het oogsten van de gewasresten mee. Voor een toekomstige verwerking in papier en karton is het noodzakelijk dat de touwtjes en clips volledig uit de reststroom zijn verwijderd voordat deze kunnen worden ingezet. In de praktijk blijkt dit nog een hele uitdaging te zijn.

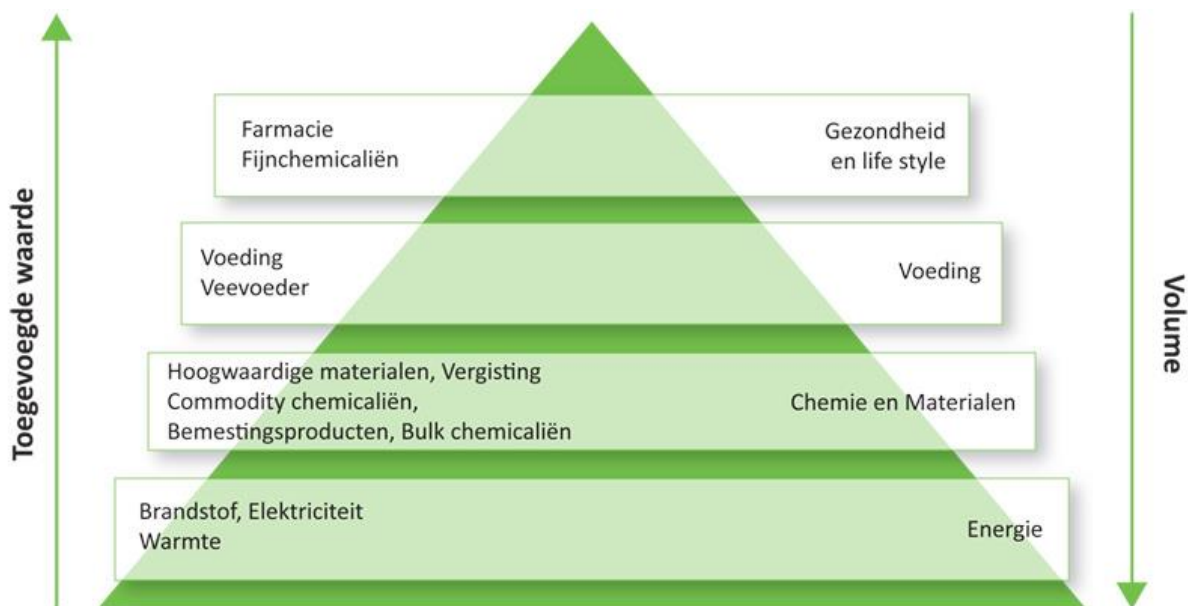
Een ander voorbeeld gaat over de gewasresten van spruitkool. Bij de oogst worden enkel de spruiten zelf verwijderd van de stengel, waarna de stengel achterblijft op het land. Hierdoor raken deze gewasresten vervuild met aarde. Om dit te reduceren of geheel tegen te gaan zijn aanpassingen aan de oogstmachine nodig. Op kleine schaal zijn reeds zulke initiatieven gaande.



4. Nieuwe valorisatie trajecten

In de biogebaseerde economie staat het gebruik van hernieuwbare grondstoffen voorop. Agrorestvezels en vezelgewassen kunnen in de biogebaseerde economie een rol spelen en deze moeten zo hoogwaardig mogelijk worden ingezet (zie Figuur 10). De toegevoegde waarde van de vezelstromen wordt uiteindelijk bepaald door zijn uiteindelijke toepassing.

Dit wordt geïllustreerd in de waardepiramide. Producten worden onderverdeeld volgens toegevoegde waarde en het bijbehorende benodigde volume. De meeste toegevoegde waarde wordt verkregen indien grondstoffen worden ingezet voor gezondheid en lifestyle, gevolgd door voeding, chemie en materialen en uiteindelijk als bron van energie. Hoe laagwaardiger de grondstof wordt ingezet hoe groter het benodigde volume is (zie Figuur 10).



Figuur 10: Waardepiramide

Tegenwoordig worden agroreststromen veelal aangewend als grondstof in een vergistingsinstallatie. Energietoepassingen bevinden zich in de onderste laag van de waardepiramide. Belangrijk is om eerst te kijken of er producten met een hogere toegevoegde waarde van gemaakt kunnen worden, met CO₂ vastlegging als voordeel. Daarna kan nog altijd energie worden opgewekt uit deze reststromen. Tevens kunnen in veel gevallen ook nog materialen gerecycled worden.



Wanneer agroreststromen verwerkt worden in papier- en kartonproducten en biocomposieten, krijgen ze een hogere toegevoegde waarde dan op dit moment het geval is wanneer ze gebruikt worden in vergistingsinstallaties. Door vezelgewassen toe te voegen kan mogelijk extra waarde worden gecreëerd door de betere eigenschappen die deze grondstof met zich meebrengt. Om de toegevoegde waarde te bepalen zullen de verkregen agrorestvezels en vezelgewassen kostentechnisch moeten worden vergeleken met huidige gebruikte papiervezelgrondstoffen (gerecycleerde vezels en celstofvezels) en houtvezels (composietmaterialen). Ter indicatie zijn in Tabel 2 grondstofprijzen voor diverse vezelgrondstoffen weergegeven.

Tabel 2: Indicatieve prijzen vezelgrondstoffen

Grondstof:	Indicatie grondstofprijs (EURO/ton)
Oud papier	125-150
Virgin korte vezel	300-600
Virgin lange vezel	600-800
Katoen vezel	1200-2500
Houtvezel	400-450

Deze prijsindicaties geven aan wat de "window of opportunity" is voor het inzetten van agrorestvezels en vezelgewassen in nieuw te ontwikkelen duurzame high-end en/of high-tech papier en kartonproducten. Het grote voordeel van het inzetten van vezelgewassen in combinatie met agroreststromen is dat mechanische eigenschappen aanzienlijk zullen verbeteren en/of dat gramgewichten van papierproducten kunnen worden gereduceerd bij gelijkblijvend mechanische eigenschappen. Dit laatstgenoemde leidt mogelijk tot kostenreductie.

4.1. Inspirerende cases

Recent ontwikkelde biogebaseerde prototypes op basis van papier en karton en biocomposieten kunnen een beeld schetsen van het veelal lange traject van deze nieuwe ontwikkelingen. Hierbij worden de volgende nieuwe biogebaseerde ontwikkelingen:

- De paprikadoos vanuit glastuinbouw reststromen
- De plantpaal op basis van bermmaaisel
- De biopot waarin agroreststromen zijn verwerkt
- Een biogebaseerde enveloppe
- Een zaadverpakking op basis van gerecycled papier en agroreststromen uit kassen

Aan de hand van plussen en minnen worden de 'lessons learned' uit de trajecten beschreven. Tot slot zijn de plussen en minnen samen gevat om een overzicht te schetsen waar mogelijke verbeterpunten zijn aan te brengen.



4.1.1. Paprikadoos:

De ontwikkeling van de paprikadoos/zaadverpakking op basis van gerecyclede papiervezels en kasreststromen van paprika's, met het idee de teler zijn vruchten te laten verpakken in zijn eigen reststroom.

- + Technisch haalbaar op lab, pilot schaal en grote schaal productie.
- + Veel geleerd op gebied van de technisch haalbaarheid, maar vooral ook de menselijke kant.
- Innovatie DNA in de keten is niet gelijk en binnen de keten zijn er verschillende belangen.
- Productie sluit niet aan op de grootte van marktintroductie.
- Kostprijzen matchen niet met afzetmarkt, grondstoffen ingezet in kleine marge producten.
- Deze reststromen komen alleen vrij in het najaar en deze reststromen zullen dus moeten worden opgeslagen (nu nog niet gerealiseerd).

4.1.2. Plantpaal

De plantpaal is een ontwikkeling waarbij o.a. bermmaaisel samen met een biopolymeer verwerkt worden tot palen die kunnen worden ingezet voor bouw- en infra-applicaties. Bermmaaisel is nu een product dat veelal niet gebruikt wordt of direct richting een vergistingsinstallatie wordt gebracht. Het idee hierbij is om maaisel van de waterkant lokaal terug te zetten als biogebaseerde walbeschoeiing.

- + Door informeren wordt het product bekend en ontstaat vraag naar meer producten.
- + Door te werken met 1.0 en x.0 versies worden verwachtingen van klanten beter afgestemd.
- + Nog veel ruimte voor ontwikkeling van prijs/prestatie verhouding.
- Door beperkte productie is de kostprijs nog niet concurrerend met reguliere houtproducten.
- Nu te leveren in beperkt formaat (100x100mm) door beperkte productie (nieuwe matrijkskosten zijn erg hoog).

4.1.3. Biopot

De biopot is samengesteld uit agroreststromen in combinatie met biopolymeer. Innovatief is dat de plantenpot in de koude grond afbreekbaar is.

- + Kostprijs is hoger, maar tijdwinst voor hoveniers bij aanplanten. Aan de hand van "Total Cost of Ownership"-calculatie is inzichtelijk gemaakt dat een product dat duurder is dan een PE potje, uiteindelijk goedkoper zal zijn indien de gehele keten zal worden bekeken.
- + Functioneel, planten groeien beter, andere manier van bemesten
- Prijs is hoog doordat productie nog beperkt is.
- In de keten moet veel uitleg worden gegeven, omdat het product anders moet worden behandeld.



4.1.4. Enveloppen papier

De ontwikkeling van een biogebaseerde enveloppen op basis van agroreststromen.

- + Technisch haalbaar en keten was compleet van aanbod tot afnemer.
- Productiekosten agrovezels te hoog, wat niet gerechtvaardigd werd door de productgroep. Met name transportafstand zorgde voor hoge prijs vezels.
- Inkoopafdeling klaagde over spikkels terwijl de klant wel tevreden was.

4.1.5. Zaadverpakking

Zaadverpakking op basis van gerecycled papier en agroreststromen uit kassen om plantenzaden te kunnen verpakken voor de tuincentra.

- + Technisch haalbaar om agopapier te maken
- + Story telling is goed
- Oplage nog te klein om hogere kostprijs te verantwoorden.
- Niche markt vraag veel inspanning om te blijven onderhouden, markt is snel verzadigd.

Samengevat kunnen de volgende pluspunten en minpunten worden weergegeven waar mogelijke verbeterpunten zijn aan te brengen om rekening te houden bij nieuwe ontwikkeltrajecten, zodat deze mogelijk sneller kunnen leiden tot nieuwe producten:

Voordelen zijn ondermeer: het meer duurzame karakter met een groene / duurzame uitstraling, waarbij aangegeven kan worden dat de agroreststromen en vezelgewassen CO₂ langdurige kunnen opslaan. Veelal worden deze grondstoffen direct ingezet voor energiedoelinden, welke langer CO₂ kunnen vasthouden indien deze worden verwerkt tot producten die recyclebaar zijn. Verder wordt beter gebruik gemaakt van de resources die de aarde ons geeft. Door deze grondstoffen lokaal om te zetten en te verwerken tot producten levert dit een verbeterde LCA-waarde. Belangrijk is dat bij deze innovatieve trajecten duidelijk het WAAROM van deze producten wordt belicht en minder het WAT.¹⁹ In dit laatste genoemde worden veelal bestaande uitontwikkelde producten worden vergeleken met nieuwe innovatieve prototypes (appels met peren vergelijken).

Hierover gesproken kunnen de minpunten worden belicht: Schaalgrootte van te maken prototype producten. Veelal zal in eerste instantie een nieuwe innovatie worden gemaakt op veelal bestaande kleinere installaties waardoor prototypes mogelijk duurder zullen zijn. Hierbij zullen logistieke ketens, die nu nog niet gestroomlijnd zijn, aan elkaar gekoppeld moeten worden. Verder zullen de kosten en baten over de gehele keten moeten worden gedeeld. Dit gaat alleen gepaard met vertrouwen en delen. Door deze zogenaamde 'Total Cost of Ownership' kunnen nieuwe producten die in beginsel duurder zijn, uiteindelijk goedkoper zijn. Tot slot moet men over de gehele keten een bepaalde gelijkende innovatie DNA bezitten. Nieuwe producten vereisen veelal een andere aanpak (nieuwe processen versus gestandaardiseerd volume produceren).

¹⁹ bron: Sinek WHY versus WHAT



5. Conclusies en knelpunten

In deze benchmarkrapportage is een overzicht geschetst van de agrovezelreststromen die aanwezig zijn in Nederland en Vlaanderen. In een brede inventarisatie is inzichtelijk gemaakt welke stromen er beschikbaar zijn, wanneer deze vrijkomen en in welk volume, in hoeverre de vezels in deze gewassen beschikbaar zijn, wat de kwaliteit van de vezel is en waar het vezelmateriaal momenteel voor worden gebruikt.

Vanuit de benchmark blijkt dat er een grote diversiteit is aan reststromen binnen de land- en tuinbouw. De diversiteit in soort, kwaliteit, volume en beschikbaarheid van de reststromen betekent dat voor toekomstige non-food toepassing de diversiteit aan producten ook groot zal zijn. Daarnaast blijkt dat de reststromen van een gewas die bijvoorbeeld vrijkomen bij de oogst niet altijd als een 'reststroom' worden beoordeeld door de teler. De gewasresten die achterblijven op het land dienen als organische meststof voor de bodem.

Mogelijk kunnen geteelde vezelgewassen zoals miscanthus, hennep en vlas samen met lokaal beschikbare agroreststromen functioneren als lignine en/of cellulose bron voor verschillende types office papier en kartonnen verpakkingsmateriaal. Door de verwerking van regionale/lokale vezel- en agroreststromen in papier- en kartontoepassingen krijgen deze een hogere toegevoegde waarde.

5.1. Gekozen agro- en vezelreststromen

Het resultaat van de uitgevoerde benchmark is een top 5 van gewasresten die, volgens een theoretische beoordeling, kansrijke reststromen zijn voor een papier- of kartontoepassing. Deze gewasresten krijgen, indien de praktische testen positief verlopen, een hoogwaardigere toepassing dan de huidige.

Op basis van deze inventarisatie en de resultaten van de scoretabel zullen de mogelijkheden voor papier- en kartontoepassingen van de volgende gewasresten verder worden onderzocht: uit de glastuinbouw paprika- en tomatenloof, uit de tuinbouw openlucht spruitkoolstronk en wortelloof en -toppen, en de vezelgewassen vlas, hennep en miscanthus. Deze gewasresten worden ondergebracht in de volgende top 5:

1. Tomatenloof
2. Paprikaloof
3. Spruitkoolstronk
4. Wortelloof en -toppen
5. Vezelgewassen (vlas, hennep, miscanthus)



5.2. Uitdagingen en knelpunten

In deze paragraaf worden de uitdagingen en knelpunten besproken die we tegenkomen in de verschillende processtappen om te komen tot een papier- of kartonproduct uit deze agrovezelreststromen: uitdagingen zijn er op vlak van teelt, in het wegnemen van vervuiling, in de opslag en verwerking, en in de logistiek (afstand vs droogstofgewicht vs stortgewicht). Ten eerste worden de algemene uitdagingen en knelpunt besproken. Vervolgens worden verschillende uitdagingen per gekozen gewas kort uiteen gezet.

5.2.1. Algemene uitdagingen

Vezelkwaliteit en beschikbaarheid: de juiste combinatie

Een goede kwaliteit van de vezel (hoog cellulose gehalte en een hogere aspect ratio) is een vereiste voor de toepassing in verschillende papier- en kartonmaterialen. Wanneer verschillende andere categorieën hoog scoren (zoals hoge beschikbaarheid van de vezel, weinig vervuilde reststroom en veel volume van de reststroom) betekent dit nog niet dat de vezel toegepast kan worden in papier- en kartonmateriaal. Andersom geldt hetzelfde: wanneer de kwaliteit van de vezel goed is maar er is weinig reststroom beschikbaar is het moeilijk om een eventuele toepassing in een product op te schalen in de markt. De combinatie tussen de verschillende categorieën moet goed zijn.

Bewustwording binnen de gehele keten

Alle partijen in de keten moeten zich ervan bewust zijn dat een nieuwe hoogwaardigere toepassing onderzoek en investering vraagt. Daarnaast brengen vernieuwingen bepaalde risico's met zich mee die partijen aan moeten durven gaan. Dit innovatie DNA is niet altijd gelijk in de keten en binnen de keten spelen verschillende belangen. Er moet rekening gehouden worden met verschillende soorten ondernemers in de keten: voorlopers, doorontwikkelaars en volgers.

Total Cost of Ownership

Investeringen hebben wellicht niet direct het gewenste effect, maar zijn pas op langere termijn zichtbaar. Partijen moeten bepalen of een investering economisch rendabel is, door alle kosten in kaart te brengen en af te zetten tegen de opbrengsten van de investering. Producenten (en andere partijen in de keten) moeten bereid zijn om investeringen te doen in praktijkproeven en pilots voordat we een nieuw product verder uitgerold kan worden.

Opschaling

Van laboratoriumfase naar bulkproductie vraagt om investeringen van verschillende spelers in de keten. Wanneer er een kleine hoeveelheid van het product wordt geproduceerd blijven de kosten hoog waardoor de producten uit agrorestvezels nog niet concurreren met producten uit houtvezels. Daarnaast moet de juiste schaal bij het juiste product worden afgewogen. Een nieuwe toepassing vraagt vaak om nieuwe productietechnieken. Aanpassingen aan bestaande machines of de aanschaf van nieuwe machines hiervoor vraagt om een grote investering.



5.2.2. Uitdagingen per gewas

Tomaten- en paprikaloof

- Zijn vervuild met clips en touwtjes. Naast de extra arbeid is dit tevens een technologische uitdaging om deze afvalstroom snel en volledig te scheiden van het loof.
- Piek in beschikbaarheid. De gewasresten komen vrij medio november, de beschikbaarheid op dat moment is groot.
- Er is reeds een markt en toepassing voor deze reststroom via compostering, hoewel dit een laagwaardigere toepassing is.

Spruitkool en wortelloof en -toppen

- Huidige toepassing is organische bemesting en veevoer. Het is ten twijfel te trekken of deze toepassing hoog of laagwaardiger is ten opzichte van vezel/papier toepassing.
- Het product kan vervuild zijn met aarde door oogsthandelingen.

Hennep en vlas

- Onbekend nog welk deel van de plant (bast of kern) een toereikende vezelkwaliteit vezel oplevert voor papier- en kartontoepassingen. De lange technische vezel verspint in waterig milieu en is moeilijk van de scheven te scheiden. Het is een uitdaging om deze eruit te halen.

Miscanthus

- De teelt van miscanthus legt 10-20 jaar beslag op de akkerbouwgrond. Dit past niet goed in het bouwplan van de huidige akkerbouwer.²⁰

²⁰ Kasper, 2012



5.3. Evenwicht tussen vraag en aanbod

5.3.1. Vanuit aanbod

De reststromen geselecteerd naar aanleiding van de uitgevoerde benchmark kennen allen een groot volume aan biomassa in Nederland en Vlaanderen. Tussen de reststromen zitten grote verschillen over de reeds opgedane praktijkervaring met het produceren van vezels geschikt voor papier- en kartontoepassingen. In projectmatige aanpak zijn reeds verschillende papier- en kartonproducties uitgevoerd op basis van (een percentage) vezels uit gewasresten van tomaten en paprika. Van bijvoorbeeld spruitkool en wortel gewasresten zijn deze ervaringen er nog niet.

In volume is het aanbod van de verschillende stromen groot waarmee ogenschijnlijk de potentie hieraan gelijk is op het moment wanneer er een economisch interessante toepassing ontwikkeld kan worden voor deze reststromen. In het ontwikkelen van een businesscase op basis van gewasresten moet ervan worden uitgegaan dat de aankoop van reststromen mogelijk geld kost. De gewasresten uit de glastuinbouw zijn momenteel een kostenpost voor de ondernemer, echter is het aannemelijk dat door noodzakelijke voorbewerking van de biomassa (o.a. verwijderen touwtjes/clipjes) ook deze reststroom mogelijk geld kost.

Daarnaast zijn de gewasresten niet jaarrond beschikbaar, maar komen ze in pieken vrij. Binnen het project 'Growing a Green Future' wordt aan de hand van een aantal praktijkproeven verder onderzocht hoe de gekozen agroreststromen het beste kunnen worden opgeslagen, om de dit obstakel te overkomen.

5.3.2. Marktvraag vezels uit agroreststromen en vezelgewassen voor papier

De papier- en kartonindustrie werkt al jaren hard aan duurzaamheid, bijvoorbeeld door het recyclen van oud papier, een significante verlaging van het energiegebruik en verbeteringen rondom het waterverbruik. Vanuit de maakindustrie groeit de interesse voor het gebruik van plantaardige vezelgrondstoffen in plaats van het gebruik van houtvezels, bijvoorbeeld vanuit het oogmerk van PR en duurzaamheidsbeleid van het bedrijfsleven. Door de huidige duurzaamheidstrend en de transitie naar een circulaire economie groeit de vraag naar duurzamere alternatieve grondstoffen voor papieren en kartonnen verpakkingen.

5.3.3. Markevenwicht

Zoals hiervoor aangegeven is het aanbod van plantaardige reststromen vanuit de landbouw en glastuinbouw groot. Daarnaast groeit de vraag naar deze reststromen voor de ontwikkeling van duurzaam materiaal. Doordat het aanbod gedurende bepaalde momenten tijdens het jaar op dit moment groter is dan de vraag is er sprake van een overaanbod. In sommige gevallen zijn de reststromen nu een kostenpost of worden deze op een laagwaardige manier gevaloriseerd als compost of in vergistingsinstallaties. Een aandachtspunt is dat de meerwaarde voor de landbouwer hoger is dan zijn huidige toepassing. Dit vraagt dus een forse investering van de producenten. Wanneer de genoemde obstakels kunnen worden overkomen kan er wellicht uiteindelijk een markevenwicht ontstaan.



5.4. Vervolgstappen

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de uitdagingen en knelpunten om te komen tot een papier- / karton- of (bio)composietproduct uit de gekozen agrovezelreststromen. Welke uitdagingen en knelpunten pakken we aan binnen de scope van dit project?

5.4.1. Vezelkwaliteit en beschikbaarheid

Millvision B.V. onderzoekt op laboratoriumschaal hoe hoog de vezelkwaliteit en vezelbeschikbaarheid is van de gekozen agroreststromen binnen deze benchmark. Er worden prototypen papieren en composieten (paalconstructies zoals aangegeven in WP3) ontwikkeld van de verschillende agroreststromen (tomaat- en paprikaloof, spruitkoolstronk en wortelloof en – toppen) in combinatie met de langere vezelgewassen. Op deze manier kan worden beoordeeld in hoeverre de vezels voldoen aan de gestelde eisen voor een papier- en/of karton- en composiettoepassing en wordt er geëxperimenteerd met de hoeveelheden en de verschillende combinaties. De gemaakte papierprototypes wordt gepresenteerd tijdens een demonstratiebijeenkomst. Aan de hand van een samenvattende rapportage worden diverse inzichten besproken die oplossingen geven voor diverse uitdagingen met betrekking tot de ontwikkeling van high-end papier op basis van agroreststromen en vezelgewassen.

5.4.2. Voorbewerkings- en opslagmethoden en reinigen van de reststroom

In een praktijkproef met een ondernemer uit de glastuinbouw wordt gekeken naar verschillende voorbewerkings- en opslagtechnieken voor tomatenloof. Deze reststroom heeft ook te maken met vervuiling door clips en touw. Binnen dit project wordt hier aandacht aan gegeven. Het verwijderen van de clips en touwtjes uit de reststroom en de juiste voorbewerking- en opslagmethode is nodig om de vezels uit tomatenloof in grotere getalen beschikbaar te stellen voor een toekomstige toepassing in papieren / kartonnen of composietproducten.

5.4.3. Bewustwording en kennisontwikkeling binnen de keten

In de voorgaande activiteiten wordt kennis opgedaan over de toepassing van agroreststromen als duurzame grondstof voor papieren en kartonnen verpakkingen. Deze kennis wordt binnen dit project verder uitgerold. De projectpartners WP 6 (Millvision, Inagro en ZLTO) organiseren binnen dit project bijvoorbeeld een kennis- en demobijeenkomst over nieuwe toepassingen van agrarische reststromen in combinatie met vezelgewassen, samen met verschillende partijen uit de keten (primaire sector, ketenpartijen, onderwijsinstellingen en overheden). Op deze manier kunnen we een stap verder maken richting kennisontwikkeling en bewustwording binnen de keten, over de benodigde investeringen en de nut en noodzaak van verduurzaming binnen de papier- en kartonsector. Daarnaast publiceren de projectpartners binnen dit werkpakket meerdere artikelen over de toepassing van natuurvezels (vezelgewassen en agroreststromen) in high-end/high-tech papier in verschillende (vak)bladen om zo de opgedane kennis verder te verspreiden.

Het project 'Growing a Green Future' is gefinancierd binnen het Interreg V-programma Vlaanderen-Nederland, het grensoverschrijdend samenwerkingsprogramma met financiële steun van het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling. Meer info: www.grensregio.eu



6. Bronvermelding

Carus, M. (2010). Hemp fibers for industrial applications. [Presentatie]. EIHA conferentie op 26-27 mei 2010, Keulen

Carus, M., Sarmiento, L. (2016). *Natural Biorefinery Hemp*. Nova-institut & European industrial Hemp Association. 9p.

Confédération Européenne du lin & du chanvre. (2014). [Presentaties]. European flax and hemp congress op 5-7 november 2014, Budapest

Confédération Européenne du lin & du chanvre. (2017). Geraadpleegd in 2017 via www.mastersoflinen.com

Kasper, G.J. (2012). Literatuurstudie van Miscanthus gericht op warmte en elektriciteit op boerderijschaal. Rapport 549. Wageningen UR Livestock research



Bijlagen

Bijlage 1 - Overzicht agroreststromen en vezelreststromen

Bijlage 2 - Scoretabel

Bijlage 3 - Uitleg scores scoretabel



Bijlage 1 - Overzicht agroreststromen en vezelreststromen

Tuinbouw openlucht	Bestemming	Areal (ha)		Productie (Ton/jaar)		Reststroom/vezelrijke stroom	Opbrengst (Ton/ha)		Totale hoeveelheid (ton/jaar)		Beschikbaarheid		DS gehalte (%) oogstresten	Zuiverheid/homogeniteit	Bestaande toepassingen
		VI	NI	VI	NI		VI	NI*	VI	NI*	Productie periode	Mogelijkheid om te oogsten			
1 Bloemkool	Industrie	3856 [2]	2219 [6]	84.500 [2]	42200 [6]	Loof en stengel Bloemkoolhart	30-50 [2]	30-50 [2]	154.000 [2]	88.760	4-11	Nog aanpassing aan machine noodzakelijk Ja	14 [1]		Organische stof bodem
	Vers	386 [2]		8.500 [2]		Loof en stengel Minder kwalitatieve en te kleine bloemkolen	30-50 [2]	30-50 [2]	15.000 [2]	8876					
2 Bonen	Industrie	3566 [2]	3627 [6] (sperziebonen + tuinbonen)	48.100 [2]	3650 [6]	Loof Bonen (rest op het veld)	10-30 [2]	10-30 [2]	71.000 [2]	72540	5-9		85 (veldboon) [12]		Organische stof bodem
3 Ervten	Industrie	2.113	3324 [6]		1560 [6]	Bladeren, stengel en peul	0,5 [2]	0,5 [2]	2.000 [2]	1814	6-7		85 [12]		Organische stof bodem
	Vers	109					20-50 [4]	20-50 [4]	73.955	132960					
4 Prei	Industrie	711 [2]	2328 [6]	35.600 [2]	8220 [6]	Bovenste deel groene bladeren Buitenste bladeren Wortels	20-30 [2]	20-30 [2]	18.000 [2]	58200	7-4		12 [1]		Organische stof bodem
	Vers	3811 [2]		152.400 [2]		Bovenste deel groene bladeren Buitenste bladeren	20-30 [2]	20-30 [2]	95.000 [2]						
5 Spruitkool	Industrie	2371 [2]	2509 [6]	54.500 [2]	4.660 [6]	Loof (stokken) Te grote en minder kwalitatieve spruiten	50-70 [2]	50-70 [2]	142.000 [2]	150540	10-3		20 [1]		Organische stof bodem
6 Wortel	Industrie	2727 [2]	9199 [6]	177.200 [2]	60.040 [6]	Loof Toppen	20-30 [2]	20-30 [2]	68.000 [2]	229975	1-12				Organische stof bodem
	Vers	662 [2]		39.700 [2]		Loof Te kleine wortelen	20-30 [2]	20-30 [2]	17.000 [2]	55194					
Glasgroenten															
7 Sla (kropsla, veldsla, ijsbergsla)	Vers	939 [2]	3524 [6]	42.100 [2]	11.820 [6]	Minder kwalitatieve sla	11 [2]	11 [2]	11.000 [2]	38.764	1-12		5 tot 7 [12]		Compost
8 Paprika	Vers	89 [2]	1315 [6], [8]	25.000 [2]	3.650 [6], [8]	Loof	25 [2]	25 [2]	2.000 [2]	32.875	1-12(10-12 NL)		15 [13]	Clips, touw	Compost
						Minder kwalitatieve paprika	6 [2]	6 [2]	500 [2]	7.890					
9 Tomaat	Vers	505 [2]	1775 [6], [8]	247.500 [2]	90.000 [6], [8]	Loof Minder kwalitatieve tomaten	30 [2]	30 [2]	15.000 [2]	53.250	1-12 (10-12 NL)		15 [13]	Clips, touw	Compost
10 Komkommer	vers		540		3.700 [8]	Loof Minder kwalitatieve komkommer	10 [2]	10 [2]	5.000 [2]	17.750	10-12 NL		?	Clips, touw	Compost
Akkerbouw gewassen															
11 Vlas	Industrie	4.789 [3]	2415 [7]	Stro: 38312	13.764 [7]	Vezel Scheven	2,5 [5]	2,5 [5]	11.973	6.038	3-7		83 [12]		
12 Hennep	Industrie	67 [3]	2260 [7]	Stro: 469	17.401 [7]	Vezel Scheven	3,8 [5]	3,8 [5]	18.198	9.177			?		
13 Korrelmaïs	Veevoeder	47.341 [3]	9087 [7]	Korrel: 766.924	67.802 [7]	Stengel	2,1 [5]	2,1 [5]	141	4.746	5-11	Geen oogstmachine in VI die zowel stro als korrel gescheiden kan inzamelen. Twee dorsmachines in VI die spil gescheiden kunnen opvangen.	42-56 [1] (25 [12])	veevoer	
				Korrel: 534.953	67.802 [7]	Spil en schutblad	3,9 [5]	3,9 [5]	261	8.814					
14 Tarwe (zomer en winter)		69.890 [3]	12787 [7]		20.424 [7]	Stro	23,4	23,4	1.107.779 en 317	212.425			90 [12]		Stalstrooisel, omploegen voor bemesting (organische stof bodem)
15 Koolzaad		459 [3]	1696 [7]	2.065,50	5.839 [7]	Stro	265.110 en 108	265.110 en 108	50.887	8.000 [12]	8-7	Geen oogstproblemen	70 à 75 [11] (90 [14])		Veevoer - pensprik, omploegen
16 Suikerbieten		18.683 [3]	70566 [7]		5.489.496 [7]	blad + kop	2 [11]	2 [11]	918	3.392			15 [12]		
Doorlevende gewassen															
17 Miscanthus		51 [3]	350	1.020	6125	Gehele plant	15-25	17,5	1.020	6.125	Meerjarige teelt	Geen oogstproblemen	80-90		Verbranding, mulching, compost, bouwmaterialen, biogas, ...
18 Korte Omloop Hout			50		1000	Gehele plant		10,0		1.000	Meerjarige teelt		?		

Het project 'Growing a Green Future' is gefinancierd binnen het Interreg V-programma Vlaanderen-Nederland, het grensoverschrijdend samenwerkingsprogramma met financiële steun van het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling. Meer info: www.grensregio.eu



Bijlage 2 – Scoretabel

			Scoretabel Vlaanderen						Scoretabel Nederland					
			Huidige toepassing	Kwaliteit vd vezel	Beschikbaarheid	Kosten - o.a. drogen en reinigen	Volume reststroom	Gemiddelde	Huidige toepassing	Kwaliteit vd vezel	Beschikbaarheid	Kosten - o.a. drogen en reinigen	Volume reststroom	Gemiddelde
Akkerbouw														
Bloemkool	Industrie	Loof en stengel Bloemkoolharten	4 4	2 1	3 5	1 1	5 2	15 13	4 4	2 1	3 5	1 1	4 1	14 12
	Vers	Loof en stengel Minder kwalitatieve en te kleine bloemkolen	4 4	2 1	3 5	1 1	2 1	12 12	4 4	2 1	3 5	1 1		10 11
Bonen	Industrie	Loof Bonen (rest op het veld)	4 4	2 1	2 2	3 3	4 1	15 11	4 4	2 1	2 2	3 3	4 1	15 11
	Vers	Bladeren, stengel en peul	4 4	2 2	2 2	3 3	4 1	15 12	4 4	2 2	2 2	3 3	5 3	16 11
Prei	Industrie	Bovenste deel groene bladeren Buitenste bladeren Wortels	3	2	3	2	2	12	3	2	3	2	3	13
	Vers	Bovenste deel groene bladeren Buitenste bladeren	3	2	3	2	4	14	3	2	3	2		10
Spruitkool	Industrie	Loof (stokken) Te grote en minder kwalitatieve spruiten	4 4	3 1	4 4	4 2	5 1	20 12	4 4	3 1	4 4	4 2	5 1	20 12
	Vers	Loof Toppen	4 4	3 3	3 3	4 3	3 2	17 16	4 4	3 3	3 3	4 4	5 3	19 17
Wortel	Industrie	Loof Toppen	4 4	3 3	3 3	4 3	3 2	17 16	4 4	3 3	3 3	4 4	5 3	19 17
	Vers	Loof Te kleine wortelen	4 4	3 3	3 4	4 4	2 1	16 16	4 4	3 3	3 4	4 4		14 15
Glasgroenten														
Sla (kropsla, veldsla, ijsbergsla)	Vers	Minder kwalitatieve sla	4	1	5	2	3	15	4	1	5	2	5	17
Paprika	Vers	Loof	5	4	3	5	1	18	3	4	2	5	4	18
		Minder kwalitatieve paprika	4	1	5	5	1	16	4	1	3	5	2	15
Tomaat	Vers	Loof	5	4	3	5	3	20	3	4	2	5	5	19
		Minder kwalitatieve tomaten	4	1	5	5	1	16	4	1	3	5	3	16
Komkommer	Vers	vrucht		1		1		2		1	2	1		4
		plant		3		3		6		3	3			6
Akkerbouw gewassen														
Vlas	Industrie	Vezel	4	5	4	5	3	21	2	5	4	5	2	18
		Scheven	4	5	4	5	3	21	2	5	4	5	3	19
Hennep	Industrie	Vezel	4	5	4	5	1	19	2	5	4	5	2	18
		Scheven	4	5	4	4	1	18	2	5	4	4	3	18
Korrelmals	geen veevoer	Stengel	4	5	3	4	5	21	4	5	3	4	5	21
		Spil en schutblad	4	4	3	4	4	19	4	4	3	4	4	19
Tarwe (zomer en winter)		Stro	3	5	3	4		15	3	5	3	4	2	17
Koolzaad		Stro	4	5	3	4	1	17	4	5	3	4	1	17
		bietenpulp	4	4	1	2		11	4	4	1	2	3	14
Doorlevende gewassen														
Miscanthus		Gehele plant	3	5	3	5	2	18	3	5	3	5	4	20
Korte Omloop Hout			3	5	3	4		15	3	5	3	4	2	17

Het project 'Growing a Green Future' is gefinancierd binnen het Interreg V-programma Vlaanderen-Nederland, het grensoverschrijdend samenwerkingsprogramma met financiële steun van het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling. Meer info: www.grensregio.eu



Bijlage 3 - Uitleg scores scoretabel

Huidige toepassingen:

1. Reststroom kent geen toepassing, weinig beschikbaar voor industrie
2. Reststroom kent enkel een laagwaardige toepassing, weinig beschikbaar voor industrie
3. Reststroom kent nog geen toepassing, veel beschikbaar voor industrie
4. Reststroom kent enkel een laagwaardige toepassing, veel beschikbaar voor industrie
5. Reststroom kent al een specifieke toepassing in papier en karton, veel beschikbaar voor industrie

Kwaliteit van de vezel:

1. Gaat niet of zeer moeilijk, lage yield, lage kwaliteit vezel
2. Kan, maar kost veel moeite met zeer beperkte yield
3. Gaat redelijk, maar afname kwaliteit, gemiddelde yield
4. Gaat goed en kwaliteit blijft gelijk, redelijke yield
5. Gaat goed, kwaliteit verbeterend en heeft hoge yield

Beschikbaarheid:

1. Oogstperiode 2 tot 3 maanden in het jaar, geen oogstmachine aanwezig, reststroom sterk vervuild.
2. Oogstperiode 2 tot 3 maanden in het jaar, aanpassingen aan oogstmachine noodzakelijk, reststroom sterk vervuild.
3. Oogstperiode 3 tot 6 maanden in het jaar, aanpassingen aan oogstmachine noodzakelijk, reststroom vervuild.
4. Oogstperiode 3 tot 6 maanden in het jaar, oogstmachine aanwezig, reststroom niet vervuild óf oogstperiode meer dan 6 maanden in het jaar, maar aanpassingen aan oogstmachine noodzakelijk en reststroom vervuild.
5. Oogstperiode meer dan 6 maanden in het jaar, oogstmachine aanwezig, reststroom niet vervuild.

Kosten drogen/reinigen:

1. <5% ds en slecht persbaar (<20%ds)
2. <10% ds, maar houd nog veel water vast
3. >10% ds, maar houd nog veel water vast
4. Goed persbaar (>45%ds)
5. Droog beschikbaar

Volume reststroom:

1. 0 – 5.000 ton/jaar
2. 5.000 – 10.000 ton/jaar
3. 20.000 – 50.000 ton/jaar
4. 50.000 – 100.000 ton/jaar
5. >100.000 ton/jaar