



Mogelijkheden voor de implementatie van het biomassawerf concept in de Greenport Gelderland

Deel 3. Logistieke Cases

E. Annevelink, M.J.A. van den Oever, J.B. van Gogh & J.E.G. van Dam

Rapport 1546



Colofon

Het project vormt onderdeel van het BO-programma Keteninnovaties Plantaardig (KIP) van het Ministerie van Economische Zaken (BO-21.03-001-002).

Titel	Mogelijkheden voor de implementatie van het biomassawerf concept in de Greenport Gelderland; Deel 3. Logistieke cases
Auteur(s)	E. Annevelink, M.J.A. van den Oever, J.B. van Gogh & J.E.G. van Dam
Nummer	1546
ISBN-nummer	978-94-6257-402-1
Publicatiedatum	Juli 2015
Vertrouwelijk	Nee
OPD-code	6224022500
Goedgekeurd door	M.M. Hackmann

Wageningen UR Food & Biobased Research
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 480 084
E-mail: info.fbr@wur.nl
Internet: www.wur.nl

© Wageningen UR Food & Biobased Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for inaccuracies in this report.

Samenvatting

Het project ‘Biomassawerf – verwerken van reststromen’ (BO-21.03-001-002) vormt een onderdeel van het Biobased gedeelte van het BO-programma Keteninnovaties Plantaardig (KIP) van het Ministerie van Economische Zaken. Deze nota is het derde deel van de rapportage uit dit project, en is een vervolg op de nota’s: ‘Deel 1. Stakeholder analyse & biomassabeschikbaarheid’ (Annevelink et al., 2013) en ‘Deel 2. Het biomassawerf concept: voorbeelden, theorie & checklist’ (Annevelink et al., 2014a). Het specifieke doel van dit derde deelrapport is om de logistiek rond mogelijke biomassawerven in beeld te brengen d.m.v. specifieke cases.

Dit rapport start in Hoofdstuk 2 met feedback vanuit de logistieke praktijk op het biomassawerf concept zoals dat is beschreven in Rapport Deel 2. Vervolgens wordt in Hoofdstuk 3 beschreven hoe de logistieke case studies zijn uitgevoerd. Daarna volgen de resultaten van drie verschillende case studies in de Greenport Gelderland, n.l. rond houtige reststromen in de fruitteelt (Hoofdstuk 4), houtige reststromen uit de laanbomenteelt (Hoofdstuk 5) en het afscheiden van fosfaat en andere componenten uit champost (Hoofdstuk 6). Tenslotte worden algemene conclusies en aanbevelingen uit de cases studies gegeven in Hoofdstuk 7.

De belangrijkste conclusies zijn:

- In Nederland opereren al verschillende bedrijven als biomassawerf voor de verwerking en valorisatie van houtachtige reststromen, met als voorbeeld Bruins & Kwast. In de markt van biomassa-reststromen vraagt de verwerking en vermarkting om steeds grotere volumes.
- De toegevoegde waarde van een biomassawerf ligt vooral in het combineren van kleinschalige reststromen tot grotere volumes en de voorbereiding van deze reststromen tot componenten (intermediaire producten, zoals bv. houtchips) met een positieve marktwaarde.
- In de Greenport Gelderland komt jaarlijks voldoende houtige biomassa vrij voor een kleine vezelboard fabriek met een jaarcapaciteit van 10.000 - 20.000 ton. Uit de fruitteelt komt jaarlijks circa 27.500 ton vrij, en uit de laanboomteelt circa 11.500 ton, beide op droge stof basis.
- Het plaatsen van een biomassawerf in de inzamelingsketen van houtige reststromen biedt mogelijkheden om de logistieke kosten te verlagen: grootschalig chippen (verkleinen van houtige reststromen) op een biomassawerf van houtige reststromen (optie 2) t.b.v. verwerking tot vezelboards geeft een logistiek kostenvoordeel t.o.v. chippen bij de bron en direct vervoeren naar de vezelboardplant (optie 1).
- De totale logistieke kosten (chippen, laden en lossen & transport) van optie 2 zijn in de fruitteelt ongeveer 92 €/ton droge stof. Dit is ca 37,5% lager dan voor optie 1. In de

laanboomteelt is dat voor optie 2 ongeveer 79 €/ton droge stof, ofwel ca 45% lager dan voor optie 1. Dus in alle gevallen is grootschalig chippen op een biomassawerf significant goedkoper namelijk ca. 35-45% lager, dan kleinschalig chippen direct bij de bron.

- Een gevoeligheidsanalyse laat zien dat de startdichtheid van de biomassa van invloed is op de logistieke kosten. Verder heeft het variëren van het vochtgehalte van de gedroogde biomassa (meer of minder drogen) invloed op de laadkosten op de biomassawerf en de transportkosten: deze worden lager naarmate er meer wordt gedroogd.
- Verwerking van champost via fosfaatextractie kan toegevoegde waarde opleveren via de verlaging van de afzetkosten van deze reststroom.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Inleiding	7
1.1 Context	7
1.2 Inhoud van dit rapport	8
2 Feedback uit de logistieke praktijk op het biomassawerf concept	9
2.1 Aanleiding voor het gesprek met Bruins & Kwast	9
2.2 Introductie B&K: houtige reststromen, cascadering, hergebruik en energie	9
2.3 Overige biomassareststromen, kwaliteit en herkomst	10
2.4 Biomassawerf concept	10
2.5 Feedback op het biomassawerfconcept en de inzameling van reststromen	11
2.6 Feedback op de sterktezwakte analyse (SWOT)	12
2.7 Checklist opzetten biomassawerf	15
2.8 Stakeholders biomassawerf	15
2.9 Slotopmerkingen	15
3 Opzet van de logistieke case study	17
3.1 Valorisatie cases in de Greenport Gelderland	17
3.1.1 Houtige reststromen uit de fruit- en boomteelt verwerken in vezelboard	19
3.1.2 Champost valorisatie door fosfaat extractie.	19
3.1.3 Logistieke vragen	19
3.2 Werkwijze	20
4 Logistieke case houtige reststromen uit de fruitteelt	24
4.1 Algemene gegevens fruitteelt	24
4.2 Gegevens over locatie en omvang van bedrijven in de fruitteelt	24
4.3 Berekeningen fruitteelt	25
4.3.1 Uitgangsgegevens	25
4.3.2 Berekeningswijze bij logistiek optie 1: rechtstreeks transporteren	29
4.3.3 Berekeningswijze bij logistiek optie 2: transporteren via een biomassawerf	29
4.3.4 Resultaat basis case fruitteelt (50% vochtgehalte en dichtheid 200 kg/m ³)	31
4.3.5 Gevoeligheidsanalyse	32
5 Logistieke case houtige reststromen uit de laanboomteelt	34
5.1 Algemene gegevens laanboomteelt	34
5.2 Biomassabeschikbaarheid in relatie tot het biomassawerf concept	34
5.2.1 Kanttekeningen van de Boomkwekersvereniging Opheusden t.a.v. beschikbaarheid houtige reststromen	34
5.2.2 Eisen aan het biomassawerf concept	35

5.3	Gegevens over locatie en omvang van bedrijven in de laanboomteelt	35
5.4	Berekeningen laanboomteelt	38
5.4.1	Uitgangsgegevens	38
5.4.2	Berekeningswijze logistieke opties	38
5.4.3	Resultaat basis case laanboomteelt (50% vochtgehalte en dichtheid 200 kg/m ³) ³⁹	
5.4.4	Gevoeligheidsanalyse	40
6	Logistieke case champost – scheiden van fosfaat	42
6.1	Champost	42
6.2	Analyse huidige logistieke organisatie van de afvoer van champost	42
6.3	Locatie van de champignonbedrijven	53
6.4	Overwegingen bij het inpassen van een fosfaat-extractie installatie in de logistieke keten ⁵⁴	
7	Conclusies & aanbevelingen	56
7.1	Conclusies	56
7.2	Aanbevelingen	58
	Literatuur	59
	Dankbetuiging	62
	Bijlage 1. Berekeningsheet Fruitteelt	63
	Bijlage 2. Berekeningsheet Boomteelt	65
	Bijlage 3. Resultaten gevoeligheidsanalyse Fruitteelt	67
	Bijlage 4. Resultaten gevoeligheidsanalyse Boomteelt	71
	Bijlage 5. Geraadpleegde personen	75

1 Inleiding

1.1 Context

Het project ‘Biomassawerf – verwerken van reststromen’ (BO-21.03-001) vormt een onderdeel van het Biobased gedeelte van het BO-programma Keteninnovaties Plantaardig (KIP) van het Ministerie van Economische Zaken. Het doel van het project is te onderzoeken of het opzetten van een netwerk van biomassawerven een haalbare optie is om de beschikbaarheid van regionale biomassa te vergroten, en zo ja om voor dit netwerk een eerste opzet aan te geven voor de uitvoering. Als case dient de Greenport Gelderland (voorheen Greenport Betuwse Bloem genaamd). Het onderzoek wordt samen uitgevoerd met partijen uit het gebied van de Greenport Gelderland die biomassa respectievelijk produceren, aanbieden, inzamelen en verwerken. Deze voorliggende nota over de uitwerking van logistieke cases is het derde deel van de rapportage uit dit project, en is een vervolg op de nota’s: ‘Deel 1. Stakeholder analyse & biomassabeschikbaarheid’ (Annevelink et al., 2013) en ‘Deel 2. Het biomassawerf concept: voorbeelden, theorie & checklist’ (Annevelink et al., 2014a).

‘Deel 1. Stakeholder analyse & biomassabeschikbaarheid’ (Annevelink et al., 2013) beschrijft de inventarisatie van de behoefte aan de implementatie van het biomassawerfconcept in de case regio Greenport Gelderland. Het geeft een stakeholder analyse van de betrokken partijen in de Greenport Gelderland, nl. partijen die biomassa aanbieden, inzamelaars van biomassa, verwerkers van biomassa en tenslotte overige partijen. Daarnaast gaat Deel 1 in op de potentieel beschikbare hoeveelheden biomassa in de Greenport Gelderland. Er wordt een theoretische schatting gegeven van de hoeveelheden uit verschillende sectoren, en daarna worden de resultaten besproken van interviews bij een aantal kwekers uit het Glastuinbouwpact Greenport Arnhem-Nijmegen.

In ‘Deel 2. Het biomassawerf concept: voorbeelden, theorie & checklist’ (Annevelink et al., 2014a) is allereerst een literatuurstudie uitgevoerd waarin voorbeeldinitiatieven zijn bestudeerd die (een deel van) de karakteristieken van een biomassawerf vertonen. Hiervoor is gekeken naar de situatie in verschillende landen, n.l. Oostenrijk, Duitsland, de Verenigde Staten en Nederland. Verder is het biomassawerf concept theoretisch verder uitgewerkt. Het begrip biomassawerf is gedefinieerd als: ‘Een biomassawerf is een logistiek concept, waarbij verschillende soorten biomassa van aanbieders uit verschillende sectoren op een centrale plaats in een regio efficiënt worden verzameld en ter plaatse kunnen worden voorbewerkt tot een tussenproduct (biocommodity) voor de verwerkende industrie, en soms ook al meteen worden omgezet in een eindproduct’. Tenslotte is in Deel 2 een checklist opgesteld waarin de stappen zijn beschreven om te komen tot een biomassawerf.

1.2 Inhoud van dit rapport

Dit rapport start in Hoofdstuk 2 met feedback vanuit de logistieke praktijk op het biomassawerf concept zoals dat is beschreven in Rapport Deel 2 (Annevelink et al., 2014a). Vervolgens wordt in Hoofdstuk 3 beschreven hoe de logistieke case studies zijn uitgevoerd. Daarna volgen de resultaten van drie verschillende case studies in de Greenport Gelderland, n.l. rond houtige reststromen in de fruitteelt (Hoofdstuk 4), houtige reststromen uit de laanbomenteelt (Hoofdstuk 5) en het afscheiden van fosfaat en andere componenten uit champost (Hoofdstuk 6). Tenslotte worden algemene conclusies en aanbevelingen uit de cases studies gegeven in Hoofdstuk 7.

2 Feedback uit de logistieke praktijk op het biomassawerf concept

2.1 Aanleiding voor het gesprek met Bruins & Kwast

In het project 'Mogelijkheden voor de implementatie van het biomassawerf concept in de Greenport Gelderland' is Bruins & Kwast (B&K) geïdentificeerd als één van de commerciële partijen die kunnen worden aangeduid als biomassawerf voor met name houtige reststromen. Gezien de rol van B&K bij twee van de mogelijke biomassawerflocaties is speciaal aan dit bedrijf feedback gevraagd op het biomassawerf concept. Daarvoor is een gesprek gevoerd met Henk Vink van B&K over het biomassawerf concept op hun locatie in Duiven.

2.2 Introductie B&K: houtige reststromen, cascadering, hergebruik en energie

B&K verwerkt groene en houtachtige reststromen afkomstig uit groen- en landschapsbeheer, land- en tuinbouw, als ook sloop- en resthout. Op jaarbasis wordt ongeveer 400.000 ton reststroom volume omgezet in houtproducten (chips, halffabricaten) en compost/ bodemverbeteraar. Houtproducten worden voor een belangrijk deel afgezet bij partijen voor duurzame energieopwekking (warmte) maar ook als bodembedekker in de openbare ruimte (bij speeltoestellen e.d.), strooisel, of als grondstof voor de spaanplaat- en houtbewerkingsindustrie en in compost als veenvervanger en bodemverbeteraar. B&K kijkt meestal regionaal, en soms euro-regionaal. B&K heeft locaties in Gelderland en in Overijssel, provincies die in het algemeen veel samenwerken onder andere in het Bio-Energiecluster Oost Nederland (BEON). B&K is lid van BEON als ook van de branchevereniging BVOR.

Er is in de afgelopen drie jaar veel veranderd bij B&K. Aanvankelijk werden houtige reststromen vooral verwerkt en afgezet als (groen)compost en een klein deel voor duurzame energie, en dan met name voor de opwekking van elektriciteit. Elektriciteitsproductie uit biomassa in Nederland is volgens B&K echter kansloos gebleken. Nederland is ingehaald door andere Europese landen en staat wat bio-energie-aandeel betreft inmiddels achteraan in Europa. Een voorbeeld is Topell in Duiven: de fabriek en het proces waren veelbelovend maar uiteindelijk blijkt de fabriek bedrijfseconomisch niet rendabel te kunnen zijn door onvoldoende afzet van getorrificeerde pellets als gevolg van de dalende prijs van steenkolen.

De vraag is of hout(bij)stook momenteel uit kan voor energieproductie, met name voor elektriciteit. Voor warmteproductie is er nog wel perspectief door houtpellets op specificatie te produceren, en dan met name voor de kleinere ketels.

Bij B&K is de cascadering van biomassa reststromen leidend: eerst hergebruik, en pas als laatste de reststromen gebruiken voor energieproductie. Van oudsher is er veel contact en afzet van B&K met de spaanplaatindustrie in Duitsland (hergebruik van hout in tafels, laminaatvloeren, plaatmateriaal, etc.). Waar B&K eerst aan de voorkant van de keten zat, is het nu meer een

producent van grondstoffen geworden en leverancier van producten als Decowood: houtsnippers voor bodembedekker in speeltuinen (de productie daarvan is in Goor; hierbij wordt de restwarmte van de eigen biomassacentrale gebruikt). Daarnaast is compost ook een volwaardig eindproduct geworden. Inzameling en verwerking door B&K gebeurt op drie locaties: Duiven, 4 ha; Goor, 9 ha; Geldermalsen, 1 ha. Verder is er een locatie in Neerijnen met alleen opslagruimte. Naast houtachtige stromen verwerkt B&K groenafval en ook agrarische reststromen, m.u.v. mest.

2.3 Overige biomassareststromen, kwaliteit en herkomst

A. Gras - Grasstromen worden nu nog vaak mee gecomposteerd met andere groene reststromen maar geven een eindproduct van een andere kwaliteit. Vergisting van gras alleen is moeilijk en er is nog geen goede oplossing bekend. Alleen het mooiste natuurgras bij de rivieren is geschikt voor vergisting. Er is een groot verschil in gasopbrengst door vergisting (factor 3) tussen gras van kleigrond en gras van zandgrond. Gras van kleigrond is kwalitatief veel beter. Er loopt op dit moment een onderzoek bij B&K naar de mogelijkheden om gras te kunnen vergisten in Bergerden, en een tweede onderzoek naar een vergistingslocatie in de Betuwe. ABC Board heeft cradle-to-cradle plaatmateriaal ontwikkeld dat ook gedeeltelijk uit gras kan bestaan. Mogelijk komt er op het terrein in de buurt van B&K een vestiging van ABC Board, met een productie input van 60.000 ton schoon materiaal. Slechts 30% van de beschikbare grasstroom is geschikt voor ABC Board. Het overig deel gaat richting nacomposteren. De extractie van eiwit, cellulose en lignine uit grasstromen is in principe mogelijk maar de innovatie moet zich nog bewijzen.

B. Glastuinbouw - De vergisting van de reststromen uit de glastuinbouw kan worden gecombineerd met de gras input. Van de reststromen uit de glastuinbouw zullen volgens B&K alleen paprikareststromen interessant zijn voor alternatieve verwerking en valorisatie, n.l. van het houtachtig stengelmateriaal. Dit heeft de potentie om een product (bv. karton) op te leveren. Andere glasgroenten als komkommer en aubergine zullen volgens B&K alleen geschikt zijn voor vergisting en composteren. Het probleem met deze biomassareststromen is dat ze vaak vervuild zijn met nylon touw, ijzeren clips en plastic.

2.4 Biomassawerf concept

Annevelink et al. (2014a) hanteren de volgende definitie: “Een biomassawerf is een logistiek concept, waarbij verschillende soorten biomassa van aanbieders uit verschillende sectoren op een centrale plaats in een regio efficiënt worden verzameld en ter plaatse kunnen worden voorbereid tot een tussenproduct (biocommodity) voor de verwerkende industrie, en soms ook al meteen worden omgezet in een eindproduct.”.

De rol van een biomassawerf heeft zowel technisch/logistieke- als regie-aspecten. Een biomassawerf is een 'spin in het web' van biomassa-inzameling.

B&K onderschrijft de definitie van een biomassawerf met de kanttekening dat voor B&K het hergebruik van grondstoffen steeds relevanter wordt en belangrijker dan de energiediscussie. Energie is momenteel geen issue, de teruglopende kwaliteit van landbouwgronden, met name als het gaat om het organisch koolstofgehalte in de bodem, in de toekomst des te meer. De Nederlandse bodem is er volgens B&K slecht aan toe, met een structureel tekort aan organische koolstof in de bodem. Het is belangrijk dat stromen (en nutriënten) worden teruggebracht in de bodem. Groencompost is hier een oplossing voor. Daarnaast is er met name in de substrateteelt een markt voor substraten waarin veen is vervangen door compost.

2.5 Feedback op het biomassawerfconcept en de inzameling van reststromen

De biomassawerf als concept voor de verwerking en valorisatie van houtachtige reststromen bestaat in feite al, o.a. bij Bruins & Kwast. De uitdaging binnen het biomassawerfconcept ligt vooral in het verbreden naar andere biomassastromen. Een biomassawerf heeft perspectief wanneer dit gebeurt vanuit de insteek van hergebruik van grondstoffen in de cyclus en niet door deze grondstoffen alleen te verwerken voor energie.

'Nederland is geen biomassaland'. In de landen om ons heen is de verwerking van groenstromen op een andere (betere) manier georganiseerd. Zoals in België waar groenstromen gedurende het verwerkingsproces in handen van de aanbieder blijven (meestal de overheid). In Nederland is het eigenaarschap van reststromen eerder een concurrentiestrijd (ingegeven door de overcapaciteit in de verwerking (verbranding) ervan (met name bij huisvuil en sloopafval)).

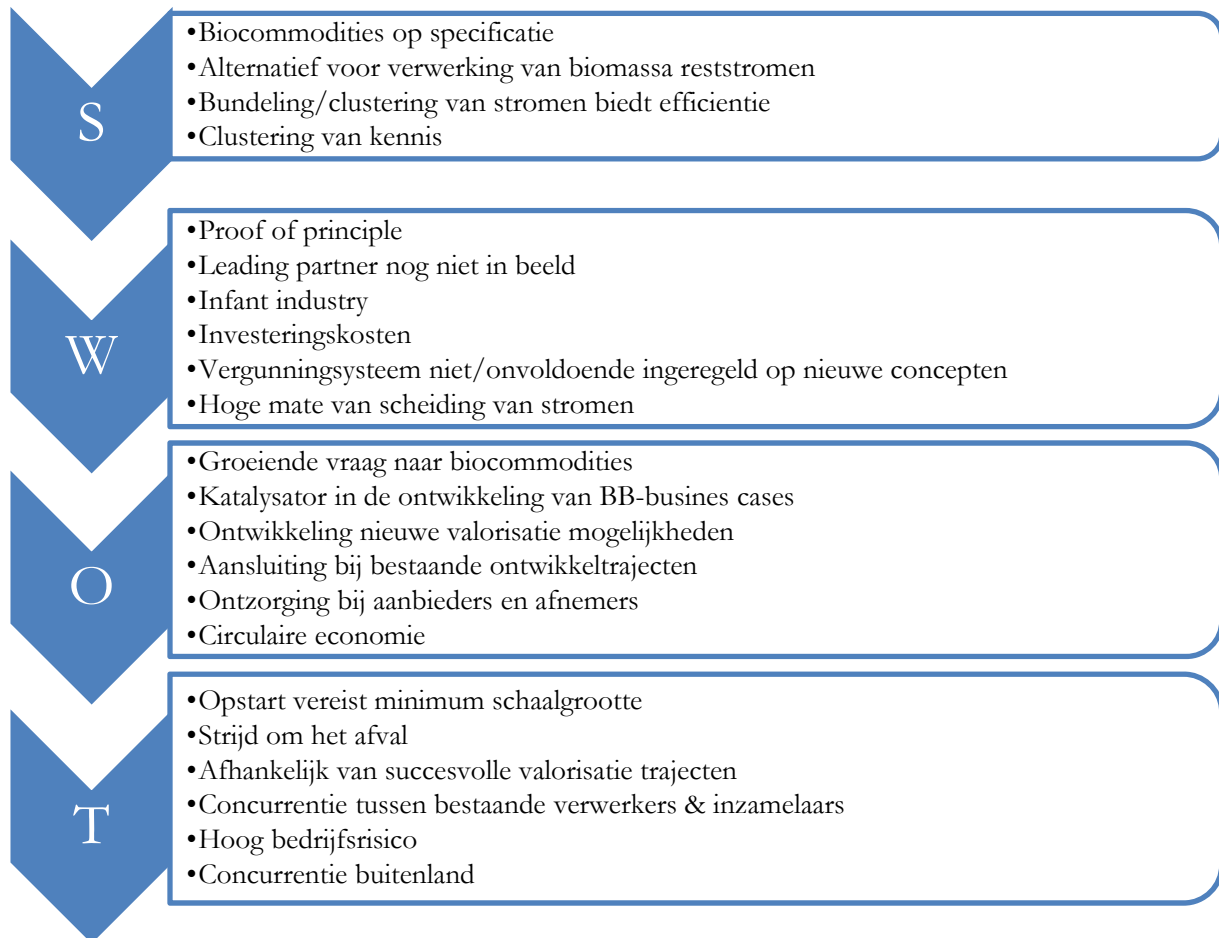
De ontwikkeling in de sector is dat er steeds grotere volumes nodig zijn om economisch rendabel te kunnen scheiden en vermarkten. Het plan van B&K was aanvankelijk om inzameling van reststromen te organiseren voor regionale ketens in cirkels van 30 km: verzameling voor de regionale keten. Nu wordt meer gedacht in termen van clustering van cirkels en een grotere straal per cirkel nl. 40 km. De factor logistiek is bepalend in het totale proces van inzameling en verwerking van reststromen (de logistiek vormt ca. 30% van de kostprijs). Transport/kostprijs (en milieu) is een belangrijke trigger voor partijen in de keten om meer te gaan samenwerken in aanbestedingsprocedures voor nieuwe contracten voor de inzameling en verwerking van reststromen.

Steeds meer vindt voorscheiding van reststromen al bij de bron plaats. De milieustraten zijn hierin al behoorlijk ver en illustreren deze ontwikkeling. Ook biomassawerven kunnen een rol spelen in de voorscheiding van reststromen. Ook na scheiding geldt dat je sommige stromen toch zult moeten nacomposten, er is nooit één stroom voor één toepassing. Daarbij heeft elke klant andere eisen, en dit maakt stromen en de verwerking ervan soms complex. Gevolg hiervan is ook dat je niet alle stromen kunt voorscheiden op een biomassawerf. De biomassawerf is de plek in

de keten waar grondstoffen worden gesorteerd, bewerkt en bewaard. Grondstoffen worden geproduceerd op specificatie (eindproduct) en op basis hiervan door de klant afgerekend.

2.6 Feedback op de sterktezwakte analyse (SWOT)

Een samenvatting van de SWOT-analyse uit Annevelink et al. (2014a) is weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 Samenvatting van de biomassawerf SWOT-analyse uit Annevelink et al. (2014a).

Op de volgende punten van de SWOT heeft B&K feedback gegeven:

A. Sterkte

- Sterkte: bundeling/clustering van stromen - Je zult per regio goed moeten kijken wat de functie is van de biomassawerf: welke stromen zijn er in de regio en hoe moet je daarop de biomassawerf inrichten? Bv. in Zuid-Holland heeft Shanks-Van Vliet een tunnelcomposteringsinstallatie ontwikkeld voor het overdekt composteren van reststromen o.a. uit de glastuinbouw. Een probleem in het composteerproces is de vervuiling van deze reststromen met draad en clips: alternatieve bio-afbreekbare

materialen voldoen nog niet, doordat het afbraakproces van het materiaal tijdens de teelt problemen opleverde. Het combineren van alle stromen op één werf is volgens B&K kansloos. De clustering van de verschillende sectoren in Nederland is een aanknopingspunt om de biomassawerven daarop in te richten. Het inzamelingsgebied van B&K heeft een actieradius van max 60 km om een biomassawerf. Een biomassawerf met daaromheen kleinere satellieten is kansrijk.

B. Zwakte

- Zwakte: 'proof of principle' moet nog worden geleverd - Dit is te sterk geformuleerd: er is al een proof-of-principle van een biomassawerf voor de houtachtige stromen: bij B&K.
- Zwakte: hoge investeringskosten - Het opzetten van een biomassawerf vraagt flinke investeringen in materieel (waaronder een weegbrug op de locatie), vergunningen en een goede administratie. Elke extra schakel in de keten kost tijd en geld; met name in de logistiek: laden en lossen kost de meeste tijd (45 minuten). Soms is langer rijden naar een verderop gelegen biomassawerf daardoor beter.
- Zwakte: infant industry - De ontwikkeling in de industrie is dat er een kanteling gaande is van een input- naar output gestuurde keten. Vooral kleine bedrijven hebben het moeilijk. Je hebt grote volumes nodig om de investeringskosten te dekken (b.v. voor de aanschaf van een shredder of een zeefinstallatie). De verwerkingsgebieden in Nederland zullen daardoor groter worden. Een biomassawerf richt zich juist weer op kleinschalige verwerking: bedrijfseconomisch wordt dit daarom een lastig verhaal. De schaalvergroting in de branche is al aan de gang. In 2015 zal dit nog verder gaan en zullen veel kleinere bedrijven afvallen, omdat ze te klein en te duur zullen zijn geworden. Een schatting is dat 30 tot 40 bedrijven zullen stoppen in dit jaar. Een andere ontwikkeling is dat scheiding bij de bron steeds belangrijker wordt. Bv. hout: loofhout en naaldhout worden gescheiden bij de bron (naaldhout voor de papierindustrie; loof voor spaanplaat). Scheiding op de biomassawerf wordt daardoor minder belangrijk.
- Zwakte: vergunning systeem onvoldoende ingeregeld op nieuwe concepten - Het probleem met vergunningen en wet- en regelgeving is dat er verschillende loketten zijn bij verschillende partijen: gemeenten, provincies en verschillende ministeries. Al deze partijen hebben een rol in het vergunningsproces, en dat maakt het lobbyen voor aanpassingen die aansluiten bij de praktijk lastig. Vergunning-technisch liggen de activiteiten opslag en verwerking van groenafval dicht bij elkaar doordat compostering al tijdens de opslagfase begint. Vergunning aanvragen zijn dure trajecten: 150.000 € is geen uitzondering.
- Zwakte: 'leading partner' nog niet in beeld - Eén partij moet leidend zijn in het organiseren van de reststromen volgens B&K.

C. Kansen

- Kans: Ontzorgen van biomassa-aanbieders en afnemers van biocommodities - De eigenaren van biomastromen worden steeds veeleisender m.b.t. de valorisatie van 'hun' biomassa(rest)stromen en de vergoeding die wordt uitbetaald voor levering van deze stromen. Dit maakt het soms lastig om afspraken en samenwerking voor de langere termijn vast te leggen. B&K is voor 90% afhankelijk van het klanttype 'overheid'. Biomassa-inzameling en -verwerking in België en Duitsland gebeurt vaak via PPS-constructies. In Nederland ontbreekt het aan dit soort structuren en regeert volgens B&K vooral de korte termijn visie, waarbij de overheid vindt dat er niet teveel mag worden verdiend aan biomassa reststromen (Staatsbosbeheer is daarvan een voorbeeld). De lange termijn wordt vaak 'overruled' door de korte termijn, waarin de betrokken partijen het onderste uit de kan willen hebben. Er zullen grotere allianties tussen ketenpartners moeten ontstaan om biomassa reststromen optimaal te kunnen verwerken en valoriseren: Nieuwe ketenmodellen op basis van 'Samenwerken = Samendelen'.
- Kans: Aansluiting bij de circulaire economie - Vanuit het oogpunt van duurzaamheid moet GFT in principe binnen een straal van 25 km kunnen worden verwerkt volgens B&K. Gemeentes zijn echter verplicht om contracten openbaar aan te besteden en deze openbare aanbestedingsprocedures leiden vaak tot suboptimale constructies en oplossingen. Een voorbeeld hiervan is de GFT-inzameling en verwerking van de gemeente Arnhem. Resultaat van de openbare aanbesteding is dat GFT-reststromen niet in de AVR Duiven worden verwerkt maar verder weg getransporteerd worden richting Coevorden. De termijn van deze contracten is vaak lang (3-4 jaar, soms tot 10 jaar voor GFT); aanpassingen in of betere oplossingen voor verwerking kunnen hierdoor pas laat in praktijk worden gebracht, en leiden daarmee op de korte termijn tot suboptimale oplossingen. Openbare aanbestedingsprocedures én de strijd om het afval creëren kromme oplossingen en leiden tot niet duurzame keuzes (met als gevolg onnodig gesleep met stromen).
- Kans: Ontwikkeling nieuwe valorisatie mogelijkheden - De rol van B&K ligt niet in het ontwikkelen van valorisatiecases, maar in de grondstoffenproductie en -handel. Wel aanhaken bij trajecten, maar niet zelf oppakken. Alle partijen hebben een rol en een functie in de keten.

D. Bedreigingen

- Bedreiging: Afhankelijkheid van succesvolle valorisatie trajecten - Een voorbeeld van afhankelijkheid van business cases is Topell: slachtoffer van terugtrekkende beweging van de energiecentrales doordat kolen te goedkoop werden.
- Bedreiging: Concurrentie tussen bestaande verwerkers en inzamelaars - Bij inzameling is de concurrentie moordend.
- Bedreiging: Opstart vereist minimum schaalgrootte - Aan de afzetkant zijn grote volumes nodig. De grotere bedrijven zullen de kleinere locaties overnemen (inclusief

vergunningen) als nieuwe satellietlocaties. Op de verschillende kleine locaties zullen niet dezelfde activiteiten worden uitgevoerd.

- Bedreiging: Concurrentie buitenland - Van de houtachtige reststromen van B&K wordt op het moment 80% geëxporteerd. Voor compost is wel een markt in Nederland. De concurrentie uit het buitenland neemt wel toe (buitenlandse compost op de Nederlandse markt). Ook zijn er steeds meer buitenlandse bedrijven die kleinere Nederlandse locaties overnemen als satelliet locaties.

2.7 Checklist opzetten biomassawerf

Er is al veel onderzoek gedaan naar biomassa reststromen: inventarisatie van volumes en samenstelling. Daarnaast weet het LMA (Landelijk Meldpunt Afvalstoffen) in Den Haag exact welke stroom waar vrijkomt. M.a.w. er is al veel informatie bekend en nieuw onderzoek is dus niet nodig. Er is veel meer behoefte aan ‘technisch’ onderzoek naar vragen als: hoe staat het met de kwaliteit van de bodem, wanneer ontstaat er een fosfaattekort (in de wereld) en wat zijn de beste verwerkingstechnologieën. De checklist is verder logisch opgebouwd, geen aanvullingen hierop.

2.8 Stakeholders biomassawerf

Stakeholders die mogelijk een rol kunnen spelen bij het opzetten van een logistieke biomassaketten met daarin een biomassawerf zijn volgens Annevelink et al. (2013 & 2014a): regionale spelers zoals de Greenport Gelderland, Provincie Gelderland, gemeenten, maar ook partijen zoals agro bedrijfsleven, cleantech industrie en kennis- en innovatie partners. Een voorbeeld van het stakeholder type ‘gemeenten’ is volgens B&K de Gemeente Arnhem waarin het duurzaam denken toeneemt. Desondanks worden duurzame oplossingen en trajecten vaak afgewezen omdat ze gezien worden als kostenpost, terwijl er op langere termijn juist winst te behalen is (o.a. in werkgelegenheid). Een belangrijke stakeholder die nog ontbreekt in het overzicht zijn de afnemers van de grondstoffen: de markt. Verder mist B&K de grondstoffenfabriek. Samenwerking met biomassaleveranciers, zoals Staatsbosbeheer en Waterschap Rijn & IJssel, en in het algemeen het aangaan van strategische allianties in biomassaketens wordt steeds belangrijker.

2.9 Slotopmerkingen

Aanbestedingstrajecten hebben onder de streep niet altijd de meest duurzame uitkomst. Dit zou moeten veranderen, waarbij beter gelet moet worden op zaken als een aantoonbaar CO₂-effect. Daarnaast leggen meerjarencontracten verwerkingsprocessen langdurig vast, terwijl het beter is

om daar flexibiliteit in aan te brengen, o.a. met het oog op veranderende marktvraag maar ook de veranderende procestechnieken. Juist omdat je de grondstof maar één keer kunt verwerken moet je altijd de keuze inbouwen om tussentijds te kunnen switchen naar een betere toepassing. Er zou dan ook meer flexibiliteit in aanbestedingscontracten moeten komen, zodat er tijdens een contracttermijn een opening blijft bestaan naar alternatieve oplossingen of toepassingen.

Er is meer onderzoek nodig naar de effecten van trajecten en contracten voor inzameling en verwerking van biomassastromen. In het huidige onderzoek ontbreekt de koppeling met de verwerkingstechnieken en -capaciteit. Haalbaarheidsstudies richten zich teveel op de inventarisatie van volumes en samenstelling van beschikbare biomassastromen en zouden meer de koppeling moeten leggen met de verwerking (hergebruik) van grondstoffen.

Subsidies werken over het algemeen marktversturend en zouden minder of op een andere manier moeten worden ingezet. Sancties of dwingende maatregelen kunnen volgens B&K een beter effect hebben op de bevordering en versterking van duurzaamheid in de economie.

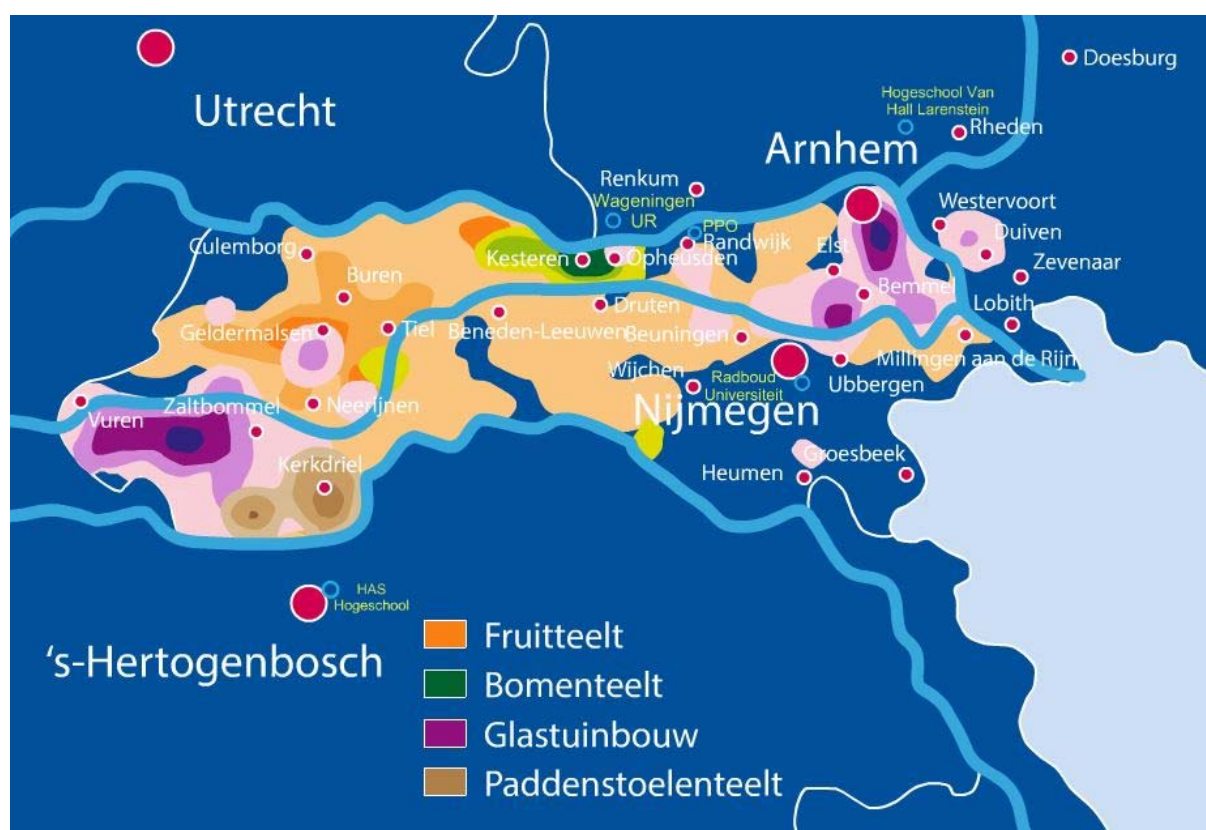
3 Opzet van de logistieke case study

3.1 Valorisatie cases in de Greenport Gelderland

In de volgende hoofdstukken worden twee valorisatie cases uit van Dam et al. (2014) nader uitgewerkt speciaal vanuit het logistieke perspectief nl.:

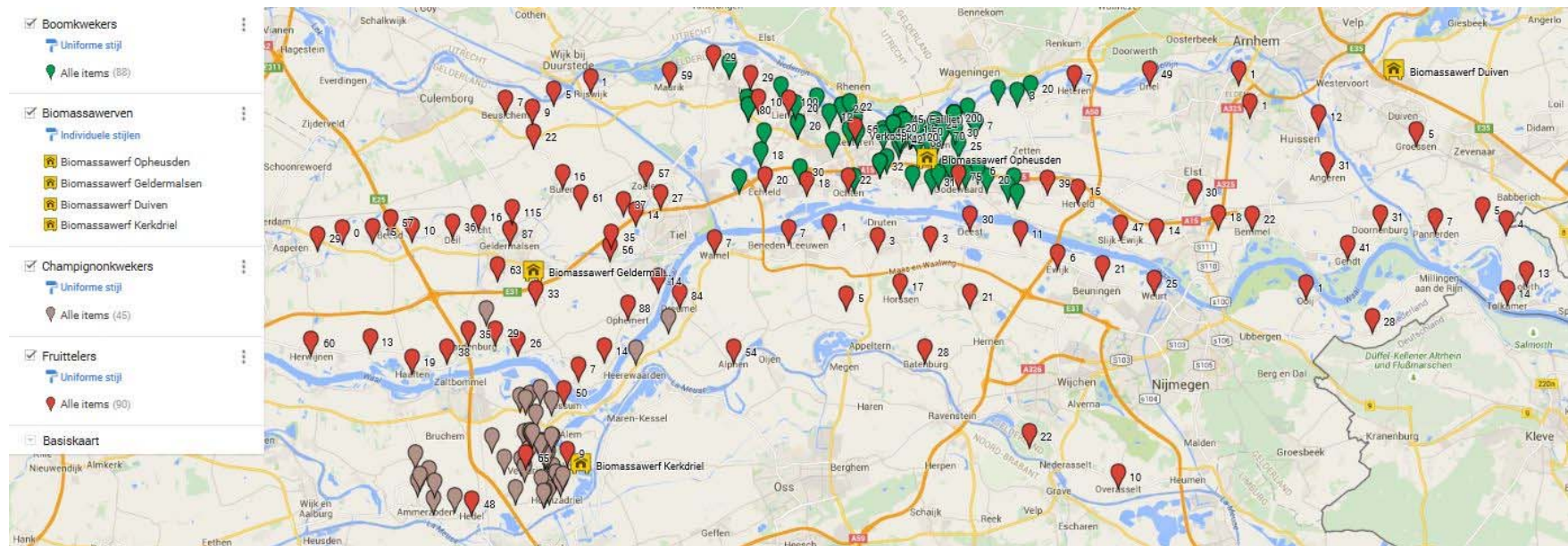
- houtige reststromen uit de fruit- en boomteelt verwerken in vezelboard en;
- champost valoriseren door extractie van fosfaat en andere componenten.

De ruimtelijke spreiding van de verschillende tuinbouw sectoren, en daarmee de productielocaties van biomassa-reststromen in de Greenport Gelderland is aangegeven in Figuur 2. Deze weergave wordt nog verder gedetailleerd in Figuur 3, die alle gevonden bronnen weergeeft uit de verschillende cases van de volgende hoofdstukken.



Figuur 2 De ruimtelijke spreiding van fruitteelt, boomteelt, glastuinbouw en champignonenteelt in de Greenport Gelderland (Kamer van Koophandel Midden Nederland, 2013).

De figuren geven duidelijk de verschillen aan: de champignonenteelt en boomteelt zijn sterker geconcentreerd respectievelijk rond Kerkdriel (Gemeente Maasdriel) en rond Opheusden. De fruitteelt vindt plaats in het gehele Greenport gebied.



Figuur 3 Verschillende biomassabronnen in de Greenport Gelderland (champignonteelt bruin, fruitteelt rood en boomteelt groen) resulterend uit de inventarisatie voor de logistieke cases (zie Hoofdstuk 4, 5 en 6).

3.1.1 Houtige reststromen uit de fruit- en boomteelt verwerken in vezelboard

De mogelijkheid om spaanplaat en/of MDF (vezelplaatmateriaal) te produceren op basis van de reststromen van de fruitbomen en laanbomen is besproken in Van Dam et al. (2014). Hierin is geconcludeerd dat deze reststromen technisch geschikt zijn voor dit doel. De belangrijkste vraag is of er binnen de regio voldoende materiaal vrij komt voor een vezelboardfabriek. De geplande capaciteit van een kleine vezelboardfabriek ligt tussen de 10.000 - 20.000 ton droge stof per jaar. Het hout moet voor deze toepassing gechipt zijn, de bast moet eraf gehaald zijn en het moet gedroogd zijn. De bedrijven ABC Board Company en Ecoboards voeren strategisch onderzoek uit naar verschillende geschikte vestigingslocaties in Nederland voor productie van hun houtproducten op basis van houtige reststromen uit de regio Greenport Gelderland.

3.1.2 Champost valorisatie door fosfaat extractie.

Een tweede case die wordt beschreven door Van Dam et al. (2014) is om de fosfaat-extractie technologie, die in een lopend onderzoeksproject ontwikkeld is, op te schalen naar operationeel procesniveau. De opzet is om fosfaat te verwijderen uit de champost, waardoor een nutriëntenarme bodemverbeteraar ontstaat. Men rekent met het extraheren van zo'n 5 kg P per ton champost. Op die manier wordt de plaatsingsruimte van champost binnen de regio groter en hoeft men minder ver af te voeren. Waar nu nog veel champost uit Nederland naar Duitsland wordt afgevoerd, worden nu in Duitsland de normen en de beschikbare afzetruimte voor fosfaat/mest ook aangescherpt. Op termijn vormt dit een bedreiging voor de afzet van champost en zal dit leiden tot een verhoging van de afzetkosten. De business case is overigens niet gebaseerd op het realiseren van een alternatieve en concurrerende fosfaat meststof, maar om de afzetkosten voor champost te reduceren of gelijk te houden bij strengere eisen.

3.1.3 Logistieke vragen

Verschiedende logistieke vragen zijn van belang. Zo is het bijvoorbeeld van belang waar de opslag plaatsvindt van de houtige biomassa in de periode tussen het vrijkomen en het moment dat de vezelboardfabriek de houtchips daadwerkelijk nodig heeft (opslag bij de bron, bij een biomassawerf of bij de eindverwerking)? Een andere vraag is op welke locatie men het beste kan chippen, wederom bij de bron, biomassawerf of conversielocatie? Men zou de houtige reststromen eerst kunnen inzamelen op de biomassawerf en daar pas chippen, ofwel men zou de houtige biomassa meteen kunnen chippen bij bron en vervolgens direct afvoeren naar de boardfabriek.

3.2 Werkwijze

Logistiek worden in deze studie twee verschillende netwerken met elkaar vergeleken, namelijk:

- een situatie met indirect afvoeren van biomassa vanaf de bronlocaties via een biomassawerf als intermediaire locatie naar de uiteindelijke verwerkingslocatie (een vezelboardfabriek of afzetgebieden van de champost) versus;
- de situatie van het direct afvoeren vanaf de bronlocaties naar de uiteindelijke verwerkingslocatie.

Voor drie van de vier sectoren in de Greenport Gelderland (laanboomteelt, fruitteelt en champignonenteelt) zijn zoveel mogelijk exacte locaties van bedrijven (als bron van biomassa) in beeld gebracht en is geschat hoeveel biomassa daar beschikbaar komt. Voor alle bekende bronlocaties is bepaald aan welke potentiële biomassawerf ze moeten worden toegewezen (op basis van de kortste afstand tot die biomassawerf in vergelijking met de anderen).

Houtige reststromen uit de fruitteelt en houtige reststromen uit de laanboomteelt zijn in deze studie afzonderlijk bekeken (zie Hoofdstuk 4 en 5). Er zou echter ook een combinatie van beide houtige reststromen kunnen plaatsvinden. Dat is in deze studie echter nog niet gedaan. Tenslotte zou ook nog een combinatie kunnen plaatsvinden met houtige reststromen van geheel andere leveranciers, bv. onderhoud landschapselementen of snoeiafval gemeenten. Ook deze laatste optie is in deze studie niet nader uitgewerkt.

Er is in deze studie uitgegaan van de locaties die gesuggereerd zijn vanuit verschillende bestaande biomassawerf initiatieven (de Boer, 2011; Annevelink et al., 2013). Mogelijke kandidaten voor een biomassawerf locatie zijn:

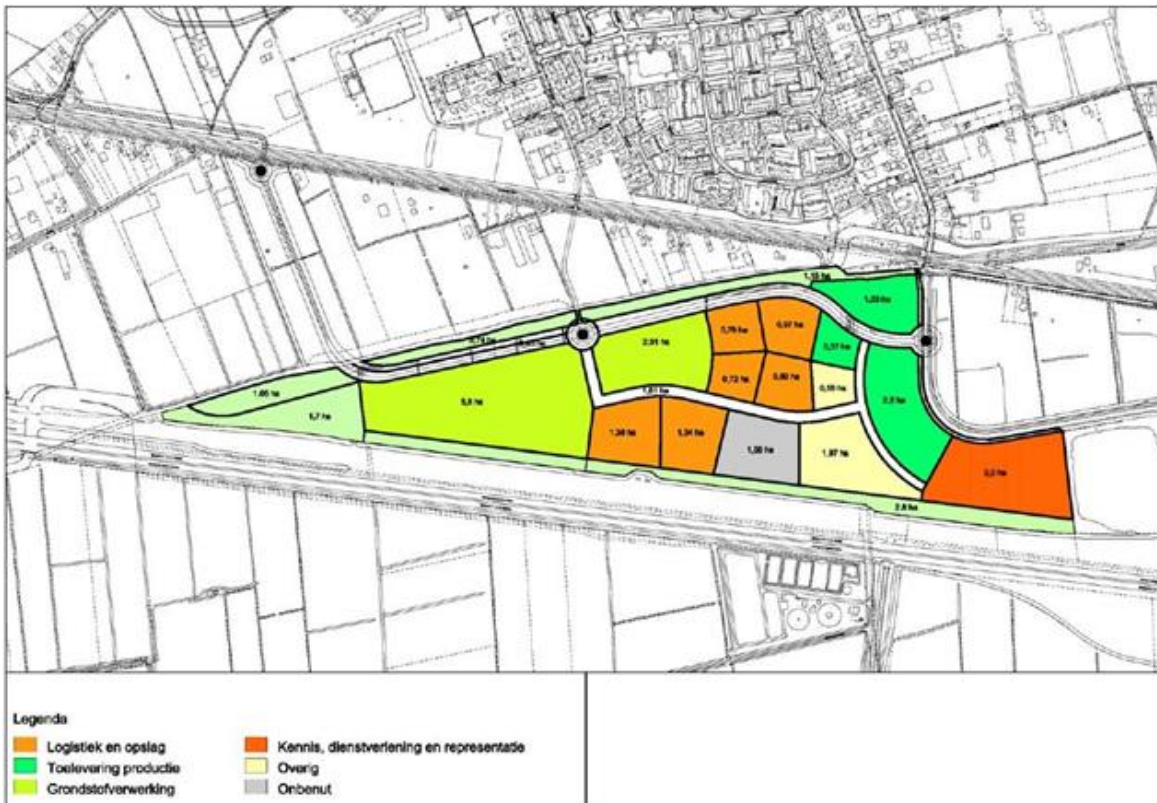
- de Bruins & Kwast locatie op het AVRI terrein in Geldermalsen (Figuur 4);
- het geplande ABC Opheusden in Opheusden (Figuur 5);
- de Bruins & in Kwast locatie in Duiven (Figuur 6);
- de Haven in Kerkdriel (Figuur 7).

Er is in deze studie niet getracht alternatieve locaties voor een biomassawerf te vinden. Men zou bv. ook buiten het Greenport Gelderland gebied kunnen gaan zoeken naar locaties voor een biomassawerf (bv. Parenco in Renkum, GDF Suez in Nijmegen) of naar locaties voor de eindverwerking (bv. fosfaatextractie tussen verschillende productiecentra en afzetgebieden voor champost in andere provincies en/of buitenland). Dat is in deze studie echter nog niet gedaan.

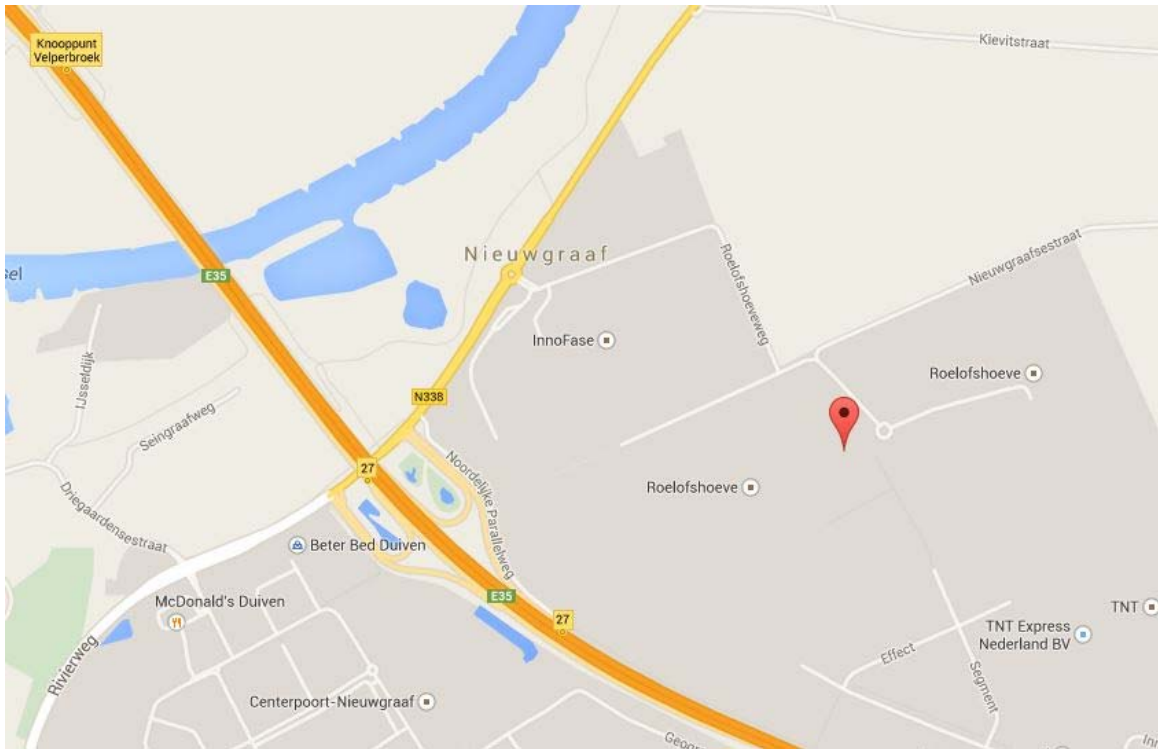
Op de locatie van de biomassawerf vinden eventuele voorbereidingen van de biomassa plaats, zoals chippen bij houtige biomassa of fosfaatextractie bij de champost. Verder wordt de biomassa daar tijdelijk opgeslagen en kan de biomassa er (gedeeltelijk) drogen.



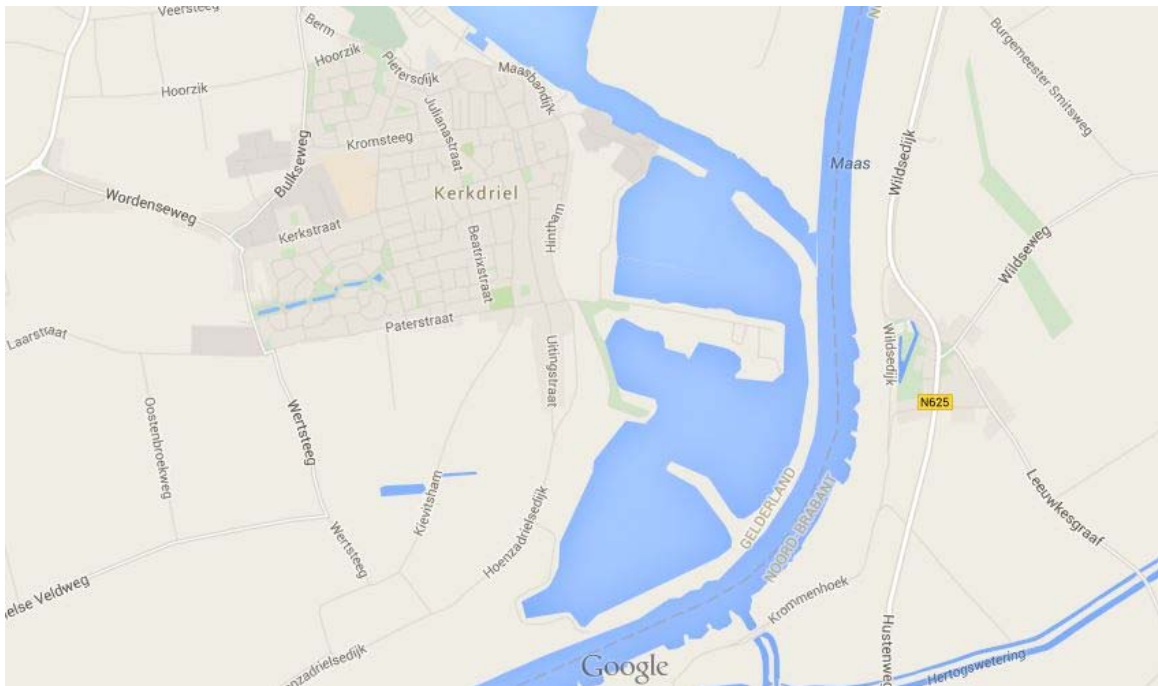
Figuur 4 Bruins & Kwast locatie Geldermalsen 'Betuwse Groen Recycling' op het AVRI terrein in Geldermalsen (postcode 4191 NK).



Figuur 5 Het geplande ABC Opheusden in Opheusden (postcode 4043 KG; BRO, 2007).



Figuur 6 Bruins & Kwast locatie Duiven ‘Gelderse Reststoffen Recycling’ (postcode 6921 RH).



Figuur 7 Haven Kerkdriel (postcode 5331 KA).

Verskillende transportopties zijn bekeken, waarbij voor het transport naar de biomassawerf een ander voertuigtype (landbouwwagen) wordt ingezet dan voor het transport van de biomassawerf naar de finale verwerkingslocatie (vrachtwagen).

Bij de case studies rond houtige reststromen zijn specifiek de logistieke kosten berekend (en niet het energieverbruik of de broeikasgaseffecten). Veel van de uitgangspunten voor de opzet van de logistieke ketens (zoals de hoeveelheid beschikbare biomassa-reststromen en de opzet van een biomassawerf) komen uit de voorgaande biomassawerf rapporten Deel 1. & 2. (Annevelink et al., 2013 & 2014a) en het rapport waarin mogelijke valorisatie cases zijn beschreven (van Dam et al., 2014). Aanvullende gegevens zijn verzameld bij de stakeholders in de Greenport Gelderland (bv. de locaties van specifieke bedrijven) en uit aanvullende literatuur (bv. de kosten van chippers en transportmiddelen).

Bij de case studie rond champost is dit rapport vooral een analyse gemaakt van de huidige logistieke opzet (paragraaf 6.2 en 6.3) en is de alternatieve logistieke opzet slechts grof beschreven (paragraaf 6.4). Er waren helaas onvoldoende gegevens en tijd beschikbaar om een complete analyse te maken van de mogelijke alternatieven voor de afzetlogistiek van de champost (zoals die bij de fruitteelt en de boomteelt wel is uitgevoerd). Hiervoor zal een vervolgproject moeten worden gedefinieerd samen met de stakeholders.

4 Logistieke case houtige reststromen uit de fruitteelt

4.1 Algemene gegevens fruitteelt

De algemene situatie in de fruitteelt staat beschreven in Annevelink et al. (2013). De totale hoeveelheid verse houtige biomassa in 2011 is geschat op 55.910 ton vers/jaar. Deze biomassa heeft 50% droge stof, zodat de totale hoeveelheid droge biomassa gelijk is aan 27.955 ton droge stof/jaar. De hoeveelheid biomassareststroom verschilt per teelt type en per bedrijf (t.g.v. het aandeel rooien in een specifiek jaar). Gemiddeld is dit voor appel 13,6 ton vers per ha per jaar, voor peer 8,1 ton vers per ha per jaar, voor steenvruchtbomen 7,2 ton vers per ha per jaar, voor kleinfruitstruiken 5,0 ton vers per ha per jaar en voor notenbomen 7,2 ton vers per ha per jaar. Gemiddeld komt dit neer op 10,7 ton vers/ha/jaar met een gemiddelde dichtheid van 200 kg/m³ voor rooi- en snoeihout. De biomassa komt vrij verspreid over de gehele Greenport Gelderland met een zekere concentratie rond de kernen van Buren (ongeveer 175 fruittelers) en Geldermalsen (ongeveer 110 fruittelers).

4.2 Gegevens over locatie en omvang van bedrijven in de fruitteelt

Aan de hand van een summier adressenlijst van fruittelers (in de gemeente Maasdriel) zijn m.b.v. Google openbare ha-data gezocht. Dit heeft helaas slechts een zeer beperkte hoeveelheid data opgeleverd. Aangezien het vermoeden bestond dat het veel tijd zou kosten om via internet een significante hoeveelheid ha-postcode-data te achterhalen van Betuwse Bloem-fruittelers waarvan de bedrijfsnamen nog niet bekend waren, is er voor gekozen om contact te zoeken met fruitteeltorganisaties.

Frank Engelbart, coördinator van Fruitpact, heeft CBS-data aangeleverd per Fruitpact gemeente over het jaar 2012 (Tabel 1). Het gaat om gegevens (ha en aantal fruittelers) gesommeerd per Fruitpact gemeente voor 2000, 2005, 2010 en 2012. De Fruitpact gemeenten zijn: Buren, Culemborg, Druten, Geldermalsen, Lingewaal, Maasdriel, Neder-Betuwe, Neerijnen, Tiel, West Maas en Waal en Zaltbommel. In deze 11 gemeenten waren er in 2012 in totaal 566 fruittelers met een totaal areaal van 4.056 ha. Het areaal fruitteelt in geheel Gelderland (dus ook buiten de Greenport Gelderland) in 2012 is 5.189 ha bezet door 808 telers.

De Nederlandse Fruittelers Organisatie (NFO) heeft via directeur Siep Koning anonieme ha-4-cijferige postcode-data aangeleverd van Gelderse leden van de NFO. Deze dataset bevat 2.537 ha verdeeld over 271 bedrijven. Het areaal van de NFO-leden beslaat dus 48.9% van het CBS-areaal in geheel Gelderland. Naast de Fruitpact gemeenten bevat de NFO dataset ook nog zeven extra gemeenten: Arnhem, Beuningen, Heumen, Lingewaard, Overbetuwe, Ubbergen, Wijchen.

Deze 4-cijferige postcode-ha gegevens zijn aangevuld met bijbehorende plaatsnaam en gemeentenaam. Vervolgens zijn de dataregels gesorteerd per Gemeente. De verschillende regels (bedrijven) voor eenzelfde 4-cijferige postcode zijn samengenomen: dit resulteert in het aantal ha en bedrijven opgeteld per postcode. De bronnen zijn tenslotte geplot in GoogleMaps, waardoor visueel inzicht ontstaat in de verdeling van de bronnen (Figuur 8). Naast de bron staat voor zover bekend het aantal ha in de betreffende postcode.

Tabel 1 Overzicht fruitteeltgegevens.

Fruitteelt in:	Aantal bedrijven	Areaal	Periode	Bron
Gelderland totaal	808	5.189	2012	CBS via Fruitpact Greenport Gld.
Waarvan: Buren, Culemborg, Druten, Geldermalsen, Lingewaal, Maasdriel, Neder-Betuwe, Neerijnen, Tiel, West Maas en Waal, Zaltbommel	566	4.056	2012	Idem
Gelderland NFO leden	270	2.535	2012	NFO (S. Koning)

4.3 Berekeningen fruitteelt

4.3.1 *Uitgangsgegevens*

De dataset waarvan postcodes bekend waren en waarmee gerekend is voor de logistieke case bevatte 2.535 ha fruitteelt verdeeld over 270 bedrijven (zie de berekeningssheet in Bijlage 1). Met GoogleMaps is vervolgens voor alle postcodes, waarin zich fruitteeltbedrijven bevinden, de transportafstand (enkele reis) bepaald van die postcode naar de postcode van elk van de drie biomassawerf locaties. Hiervoor zijn drie afstandskolommen toegevoegd aan de berekeningssheet:

- afstand van postcode bron tot Bruins & Kwast locatie Geldermalsen (postcode 4191 NK);
- afstand van postcode bron tot geplande ABC Opheusden (postcode 4043 KG);
- afstand van postcode bron tot Bruins & Kwast locatie Duiven (postcode 6921 RH).

Hierna zijn de afstanden tot iedere biomassawerf oplopend gesorteerd om te kunnen bepalen welke biomassawerf het dichtst bij een bron (postcode) ligt. Op basis van de kortste transportafstanden is iedere bron, per postcode opgeteld, toegewezen aan één specifieke dichtstbijzijnde biomassawerf (Figuur 9). Hierbij bleek overigens bij enkele postcodes het verschil tussen transport naar de ene of naar de andere biomassawerf maar erg klein te zijn (minder dan 2 km).

De transportkosten zijn berekend voor twee verschillende logistieke situaties, n.l.

- 1) alle verse houtige reststromen worden bij de oorspronkelijke postcode-bron gechipt met een kleinschalige mobiele chipper, en vanaf die bron worden ze direct naar de uiteindelijke verwerking in Duiven vervoerd met een vrachtwagen;
- 2) de verse houtige reststromen uit een groot gedeelte van de postcode-bronnen n.l. degenen dicht rond biomassawerf Geldermalsen (A) of biomassawerf Opheusden (B) worden eerst met een landbouwwagen naar de betreffende biomassawerf vervoerd, waar de biomassa kan drogen en pas op een later tijdstip grootschalig wordt gechipt; hierna wordt de gedroogde, gechipte biomassa verder naar Duiven vervoerd met een vrachtwagen; voor de houtige reststromen dicht rond de locatie Duiven geldt nog steeds dat ze bij de bron direct worden gechipt en direct met een vrachtwagen worden afgevoerd naar Duiven (dus identiek aan de gang van zaken bij optie 1).

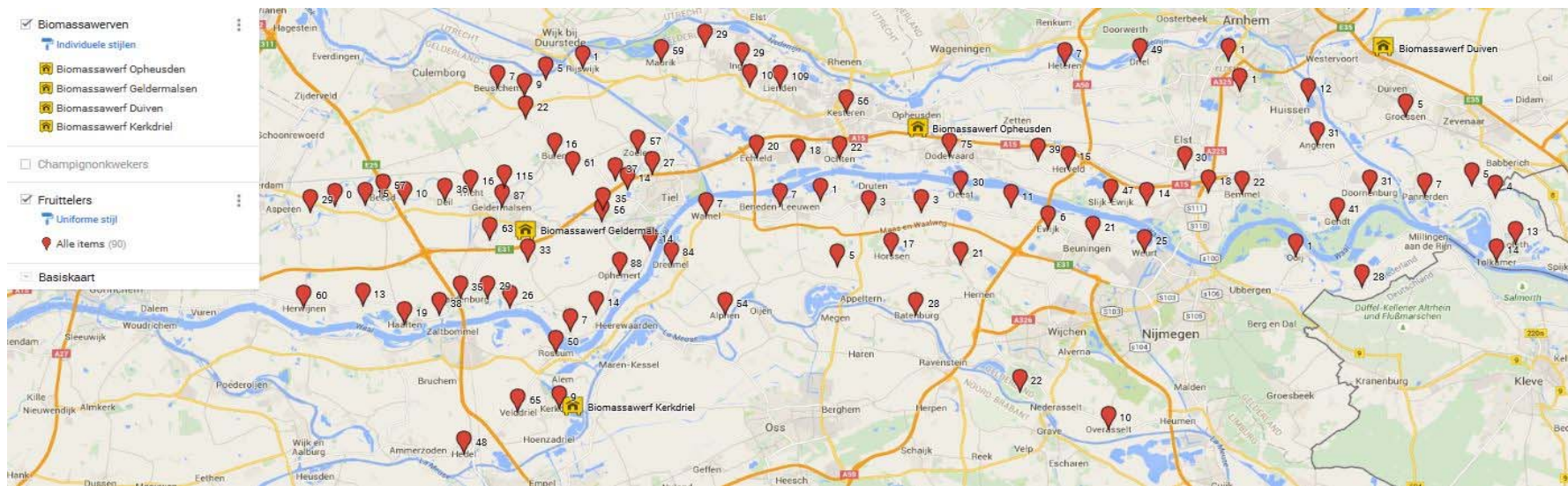
Dit leidt dus tot twee logistieke situaties:

- Situatie 1 (direct afvoeren):
 - bronnen A → Duiven
 - bronnen B → Duiven
 - bronnen C → Duiven
- Situatie 2 (grootste gedeelte via biomassawerf afvoeren):
 - bronnen A → Biomassawerf_A Geldermalsen → Duiven
 - bronnen B → Biomassawerf_B Opheusden → Duiven
 - bronnen C → Duiven

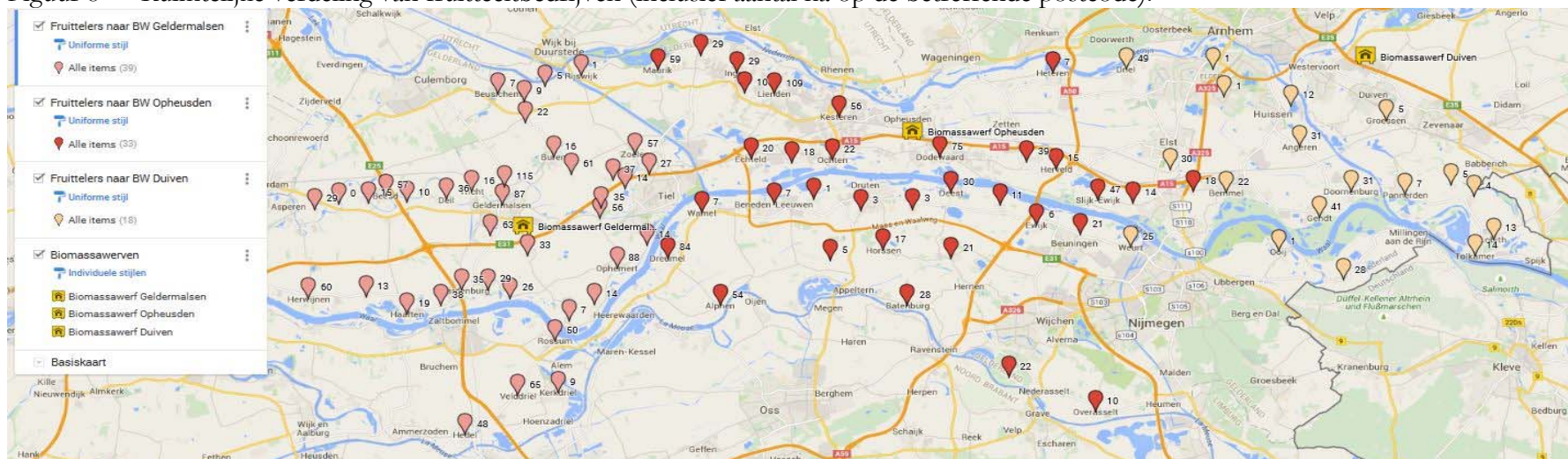
De gegevens over dichtheden en vochtgehalten van houtige biomassastromen in de fruitteelt zijn geschat op basis van vergelijkbare gegevens uit de literatuur die zijn samengevat in Tabel 2.

Tabel 2 Dichtheid en vochtgehalte van verschillende houtige biomassatypen (Alakangas & Virkkunen, 2007; Woodfuel Handbook, 2009; Woodenergy, 2014).

Beschrijving	Vorm	Dichtheid vers (kg/losse m ³)	Vochtgehalte vers (vocht%)
Hele boom	chips	250-350	45-55
Stamhout	chips	250-350	40-55
Stomp	chips	200-300	30-50
Kapresten	chips	250-400	50-60
Houtblokken	blokken	240-320	20-25
Hout	chips	150-300	10-50



Figuur 8 Ruimtelijke verdeling van fruitteeltbedrijven (inclusief aantal ha op de betreffende postcode).



Figuur 9 Fruitteeltbedrijven (inclusief aantal ha op de betreffende postcode) toegewezen aan de drie verschillende biomassawerven (Geldermalsen, Opeusden en Duiven) op basis van kortste transportafstand.

Voor de uiteindelijke chips wordt steeds uitgegaan van een dichtheid van 350 kg/m³. De dichtheid van het uitgangsmateriaal wordt in de gevoeligheidsanalyse gevarieerd tussen 150, 200, 250 en 300 kg/m³. Als vochtgehalte van het uitgangsmateriaal wordt 50% genomen en in de gevoeligheidsanalyse wordt bekeken wat er gebeurt bij natuurlijk drogen op de biomassawerf tot 40%, 30% of 20%. Direct afgevoerde verse biomassa wordt niet gedroogd.

De kosten van de verschillende transportmiddelen (landbouwwagen en vrachtwagen), het laden en lossen en de twee vormen van chippen (kleinschalig en grootschalig) zijn overgenomen uit de recent ontwikkelde S2Biom database met logistieke componenten (Annevelink et al., 2014b). De kosten voor een kleinschalige mobiele chipper zijn gebaseerd op het gemiddelde van drie modellen (Heizohack HM5-400, TP 150 en Laimet HP21) en voor de grootschalige chipper van twee modellen (Jenz 450Z en Musmax Terminator 8). De verschillen worden vooral veroorzaakt door de veel hogere capaciteit per uur van de grootschalige chippers (15-20 m³/uur versus 1,5-3,0 m³/uur). Speciaal voor het huidige project is een calculatie spreadsheet ontworpen waarmee de logistieke opties kunnen worden geanalyseerd (zie Bijlage 1). Deze begint met de uitgangsgegevens (hulpwaarden) die door de gebruiker veranderd kunnen worden. In Tabel 3 staan de hulpwaarden met een voorbeeld van gekozen waarden.

Tabel 3 Voorbeeld van de gebruikte hulpwaarden bij de berekening van de transportkosten in de fruitteelt case, gedeeltelijk gebaseerd op Annevelink et al. (2014b).

Beschrijving	Waarde	Eenheid
Gemiddeld reststroom vers	10,70	ton vers/ha.jaar
Vochtpercentage vers	50	%
Dichtheid reststroom vers	200	kg/m ³
Vochtpercentage na drogen BW	40	%
Gemiddeld reststroom gedroogd BW	8,92	ton/ha.jaar
Dichtheid reststroom bewerkt BW	350	kg/m ³
Gem. reststroom droge stof (0% vocht)	5,35	ton ds/ha.jaar
Capaciteit vrachtwagen max gewicht	26,6	t
Capaciteit vrachtwagen max volume	80	m ³
Kosten vrachtwagen	1,63	€/km
Capaciteit landbouwwagen max gewicht	21,4	t
Capaciteit landbouwwagen max volume	70	m ³
Kosten landbouwwagen	1,54	€/km
Kosten grootschalig chippen	6,50	€/m ³
Kosten kleinschalig mobiel chippen	13,50	€/m ³
Kosten laden of lossen	1,89	€/ton
Afstand A naar C	62,4	km
Afstand B naar C	40,1	km

4.3.2 Berekeningswijze bij logistiek optie 1: rechtstreeks transporteren

Als illustratie van de berekeningswijze wordt postcode 4191 Geldermalsen uit het databestand genomen (zie eerste berekeningsregel in Bijlage 1). In dit postcodegebied bevinden zich 9 bedrijven met een gezamenlijke oppervlakte van 87,1 ha. De dichtstbijzijnde biomassawerf is A (Geldermalsen) op een afstand van 3,1 km. De afstand tot biomassawerf Opheusden is 30,3 km en rechtstreeks tot Duiven is 62,4 km.

De volgende zaken worden berekend voor iedere postcode (zie Bijlage 1):

- Het *transportgewicht vers (ton)* is gelijk aan de oppervlakte per postcode (ha) maal de gemiddelde reststroom vers (ton/ha). In het voorbeeld Geldermalsen is dat $87,1 \text{ ha} \times 10,70 \text{ ton} = 932 \text{ ton vers}$.
- Bij direct afvoeren vanaf de bron wordt de kleinschalige mobiele chipper ingezet om de biomassa meteen bij de bron te verkleinen tot het gewenste formaat. De *chipkosten kleinschalig (€)* worden berekend per m^3 . In het voorbeeld Geldermalsen is het $932 \times 1000/200 \times 13,50 = 62.908 \text{ €}$ (inclusief afrondingen).
- De dichtheid van de biomassa is vervolgens bepalend voor de vraag of het gewicht of het volume van de vracht limiterend is voor het transportmiddel. Bij een capaciteit van de vrachtwagen van 26,6 ton of 80 m^3 (zie Tabel 3) is $332,5 \text{ kg/m}^3$ de grensdichtheid. Bij een biomassastroom met hogere dichtheid dan deze grensdichtheid is het gewicht van de vracht limiterend, en hieronder is het volume limiterend! Bij een dichtheid van de biomassareststroom na chippen van 350 kg/m^3 is dus het gewicht van de vracht limiterend en kan er maximaal 26,6 ton per rit worden vervoerd. In het voorbeeld van Geldermalsen betekent dit dat er $932/26,6 = 35 \text{ ritten vers gechipt}$ moeten worden uitgevoerd.
- Bij de berekening van de *transportkosten vers direct naar Duiven (€)* wordt een dubbele transportafstand geteld voor een rit i.v.m. het retourtransport van de vrachtwagen. Het transporteren van verse biomassa direct van de postcodebron naar Duiven wordt dus per postcode berekend als: het aantal ritten maal 2 keer de enkele afstand maal de kosten van de vrachtwagen per kilometer. Vanaf het voorbeeld Geldermalsen zijn de transportkosten dus: $35 \times 2 \times 62,4 \times 1,63 = 7.127 \text{ €}$ (inclusief afrondingen).

4.3.3 Berekeningswijze bij logistiek optie 2: transporteren via een biomassawerf

Het transporteren via een biomassawerf bij de logistieke optie 2 geldt alleen voor die postcodes die dicht bij de biomassawerven Geldermalsen (A) of Opheusden (B) liggen. De biomassa uit postcodes die dicht bij Duiven (C) liggen wordt nog steeds kleinschalig vers gechipt en direct naar Duiven vervoerd met een vrachtwagen. Er wordt dus niet gedroogd. De *chipkosten kleinschalig bij de bron (€)* en de *transportkosten vers direct naar Duiven (€)* blijven voor de postcodes dicht bij C dus exact gelijk aan de waarden bij logistieke optie 1 (zie Bijlage 1 onderaan).

Alle biomassa uit postcodes in de buurt van biomassawerf A en B daarentegen wordt eerst naar een biomassawerf gebracht in de oorspronkelijke vorm (dus nog niet gechipt) en pas later vanaf de betreffende biomassawerf naar Duiven.

De kosten voor de route van biomassa via een biomassawerf bestaan uit vijf delen:

- i) de verse biomassa in oorspronkelijke vorm (takken en stronken) wordt per landbouwwagen getransporteerd naar de dichtstbijzijnde biomassawerf;
- ii) de verse biomassa wordt gelost uit de landbouwwagen op de biomassawerf;
- iii) de gedroogde biomassa wordt vlak voor vervoer grootschalig gechipt;
- iv) de gechipte biomassa wordt geladen in een vrachtwagen op de biomassawerf;
- v) de biomassachips worden per vrachtwagen getransporteerd naar eindbestemming Duiven.

Opslagkosten zijn in de huidige analyse overigens buiten beschouwing gelaten. Daarbij is ervan uitgegaan dat de opslagkosten voor optie 1 (meteen opslaan bij de eindlocatie) en optie 2 (eerst opslaan bij een biomassawerf) vergelijkbaar zijn, en dus geen verschil in kosten tussen de twee opties zal opleveren. Bij een meer gedetailleerde uitwerking van een business case in het vervolg zullen de opslagkosten wel moeten worden meegenomen.

De volgende zaken worden dus berekend (zie Bijlage 1):

- Bij het eerste transport naar de biomassawerf gaat het om losse takken en stronken met hun oorspronkelijke lage dichtheid van bv. 200 kg/m^3 . Dit ligt onder de grensdichtheid van de landbouwwagen en dus is het volume van de vracht limiterend voor het transport. Dit betekent (zie Tabel 3) dat er in dit voorbeeld per landbouwwagen $70 \times 200/1000 = 14$ ton vervoerd kan worden per rit. Voor het voorbeeld Geldermalsen gaat het dan om $932/14 = 67$ ritten *vers ongechipt* die moeten worden uitgevoerd.
- Bij de berekening van de *transportkosten vers niet gechipt naar de biomassawerf* (€) wordt wederom een dubbele transportafstand geteld voor een rit i.v.m. het retourtransport van de landbouwwagen. Het wordt dus per postcode berekend als: het aantal ritten maal 2 keer de enkele afstand maal de kosten van de landbouwwagen per kilometer. Vanaf het voorbeeld Geldermalsen zijn de transportkosten dus: $67 \times 2 \times 3,1 \times 1,54 = 636 \text{ €}$ (inclusief afrondingen).
- Bij aankomst op de biomassawerf moet de biomassa worden gelost uit de landbouwwagen. De *loskosten vers bij de biomassawerf* (€) zijn dus extra t.o.v. optie 1 en moeten daarom wel worden meegenomen. Het laden bij de bron en lossen in Duiven worden niet meegenomen in de berekeningen, aangezien die voor beide logistieke opties hetzelfde worden genomen. Voor het voorbeeld Geldermalsen komt dit neer op $932 \times 1,89 = 1.761 \text{ €}$.
- Op de biomassawerf kan de houtige biomassa natuurlijk drogen in zijn oorspronkelijke vorm (takken & stronken). Stel dat de oorspronkelijke houtige biomassa van 10,7 ton

vers/ha (50% vocht) na drogen nog 40% vocht bevat. Het te transporteren gewicht van de reststroom is dan afgenomen tot 8,92 ton (zie Tabel 3). Wanneer gedroogd wordt tot 30% is dat 7,64 ton en bij drogen tot 20% is het gewicht 6,69 ton. Dit lagere gewicht is dus gunstig doordat de transportkosten lager worden.

- Voorafgaande aan het transport van de biomassawerf naar Duiven wordt het materiaal gechipt met een grootschalige chipper. Dit leidt tot de *chipkosten grootschalig op de biomassawerf* (€). Het te chippen volume is hetzelfde gebleven (alleen de massa is afgenomen door het drogen). Zoals uit Tabel 3 blijkt, zijn de kosten per m³ een stuk lager (iets minder dan de helft) voor de grootschalige chipper, vergeleken met de kleinschalige chipper. In het voorbeeld Geldermalsen zijn de kosten van grootschalig chippen berekend als: $932 \times 1000/200 \times 6,50 = 30.289$ € (inclusief afrondingen).
- Voorafgaand aan het transport per vrachtwagen naar Duiven moet de biomassa met een gereduceerd *transportgewicht gedroogd-gechipt naar Duiven (ton)* weer worden geladen, wat ook extra kosten zijn t.o.v. de logistieke optie 1. In deze case is gedroogd tot 20% met een gewicht van 6,69 ton/ha. Voor het voorbeeld Geldermalsen komt dit neer op een transportgewicht gedroogd-gechipt van $87,1 \times 6,69 = 582$ ton en dus op *laadkosten droog bij de biomassawerf* van $582 \times 1,89 = 1.101$ € (inclusief afrondingen).
- Bij een dichtheid van de biomassareststroom na chippen van 350 kg/m³ is het gewicht van de vracht limiterend en kan er maximaal 26,6 ton per rit met de vrachtwagen worden vervoerd. In het voorbeeld van Geldermalsen betekent dit dat er $582/26,6 = 22$ ritten *gedroogd-gechipt* moeten worden uitgevoerd.
- Tenslotte worden de *transportkosten berekend van de gedroogde gechipte biomassa naar Duiven*. Voor het voorbeeld Geldermalsen zijn die gelijk aan $22 \times 2 \times 62,4 \times 1,63 = 4.455$ € (inclusief afrondingen).

4.3.4 Resultaat basis case fruitteelt (50% vochtgehalte en dichtheid 200 kg/m³)

Voor de basis case is uitgegaan van biomassa met een vochtgehalte van 50% die in logistieke optie 2 maximaal gedroogd wordt op de biomassawerf, n.l. tot 20%. In logistieke optie 1 wordt zoals vermeld helemaal niet gedroogd. Verder is de dichtheid van de oorspronkelijke biomassa 200 kg/m³. Voor de uiteindelijke chips wordt steeds uitgegaan van een dichtheid van 350 kg/m³.

De resultaten van de basis case staan in Tabel 4. Het blijkt dat logistieke optie 2 (via een biomassawerf) een stuk gunstiger uitkomt dan optie 1 (rechtstreeks afvoeren). Het voordeel is gelegen in de mogelijkheid om gebruik te kunnen maken van een veel efficiëntere en dus goedkopere grootschalige chipper. Daarbij is dit voordeel zelfs nog conservatief berekend, omdat is aangenomen dat de dichtheid van de gedroogde biomassa gelijk is gebleven aan die van de verse biomassa (zie paragraaf 4.3.3). Wanneer de biomassa wel ‘inklinkt’ tijdens het drogen en er dus minder m³ gechipt hoeven te worden, zouden de kosten voor grootschalig chippen zelfs nog verder kunnen afnemen. Een extra kostenpost bij optie 2 zijn de los- en laadkosten op de biomassawerven A en B. De transportkosten verschillen nauwelijks, en zijn een fractie hoger bij

optie 2 (ongeveer 1%). Deze twee kostenposten worden echter ruimschoots gecompenseerd door de veel lagere chipkosten, zodat optie 2 uiteindelijk 37,6% lagere kosten heeft dan optie 1 en de route langs een biomassawerf dus als gunstigste logistieke optie naar voren komt.

Tabel 4 Resultaten basis case fruitteelt (50% vochtgehalte en dichtheid 200 kg/m³).

Optie 1			Optie 2			Vergelijking	
Handeling	€	Totaal €		€	Totaal €	Verschil	%
Chippen kl		1.830.774	Chippen kl (C)	231.332			
			Chippen gr (AB)	770.106	1.001.429	-829.345	-45,3
Zonder laden/ lossen		0	Lossen (AB)	44.785			
			Laden (AB)	27.990	72.775	72.775	+100
Transp vers (C)	8.692		Transp vers (C)	8.692			
Transp vrs (AB)	166.126		Transp vers (AB)	70.684			
		174.818	Transp drg (AB)	96.932	176.308	+1.490	+0,9
Totaal		2.005.592	Totaal		1.250.511	-755.080	-37,6
per ton dm		147,89	per ton dm		92,21	-55,68	-37,6

4.3.5 Gevoeligheidsanalyse

De dichtheid van het uitgangsmateriaal wordt in de gevoeligheidsanalyse gevarieerd tussen 150, 200, 250 en 300 kg/m³. Voor de uiteindelijke chips wordt steeds uitgegaan van een dichtheid van 350 kg/m³. Als vochtgehalte van het uitgangsmateriaal wordt 50% genomen en in de gevoeligheidsanalyse wordt bekeken wat er gebeurt bij natuurlijk drogen op de biomassawerf van 50% tot 40%, 30% of 20%. De resultaten van de gevoeligheidsanalyse staan samengevat in Tabel 5 en de uitgebreide getallen staan in Bijlage 3.

Tabel 5 Gevoeligheidsberekeningen fruitteelt.

Verandering vochtgehalte door drogen	Verandering dichtheid door voorbereiden (kg/m ³)	Kosten logistieke optie 1 (€)	Kosten logistieke optie 2 (€)	Verschil (€)	Percentage verschil (%)
3 varianten drogen en mate van verdichting steeds hetzelfde (200 naar 350):					
50% naar 40%	200 naar 350	2.005.592	1.292.152	-713.440	-35,6
50% naar 30%	200 naar 350	2.005.592	1.268.357	-737.234	-36,8
50% naar 20%	200 naar 350	2.005.592	1.250.511	-755.080	-37,6
4 varianten verdichting en steeds standaard 30% drogen:					
50% naar 20%	150 naar 350	2.615.849	1.607.882	-1.007.968	-38,5
50% naar 20%	200 naar 350	2.005.592	1.250.511	-755.080	-37,6
50% naar 20%	250 naar 350	1.639.437	1.036.089	-603.348	-36,8
50% naar 20%	300 naar 350	1.395.334	893.140	-502.193	-36,0

Het variëren van het drogen heeft invloed op de laadkosten en de transportkosten van de gedroogde biomassa: deze worden lager naarmate er meer wordt gedroogd. M.a.w. t.o.v. de basis case die uitging van maximale droging tot 20% worden de resultaten wat slechter als er minder gedroogd kan worden op de biomassawerf. Dit scheelt echter maar 2% ten opzichte van het maximaal berekende kostenvoordeel wanneer er maar tot 40% i.p.v. tot 20% kan worden gedroogd.

Wanneer de startdichtheid van het verse uitgangsmateriaal toeneemt dalen de kosten zowel in optie 1 als in optie 2. Dit komt door de hogere beladingsgraad van de voertuigen en door de lagere chipkosten (die zijn gegeven per m³). Bij alle startdichtheden blijft optie 2 echter nog steeds de goedkoopste optie. Dit wordt steeds veroorzaakt door de veel lagere chipkosten van het grootschalig chippen op de biomassawerf.

5 Logistieke case houtige reststromen uit de laanboomteelt

5.1 Algemene gegevens laanboomteelt

De algemene situatie in de laanboomteelt staat beschreven in Annevelink et al. (2013). Het teeltoppervlakte van de laanboomtelers in geheel Gelderland is 1.591 ha. De laanboomteelt is met 120 bedrijven geconcentreerd in de regio Opheusden (gemeenten Neder-Betuwe, Over-Betuwe en Buren), terwijl in andere delen van Gelderland nog eens 62 bedrijven gevestigd zijn. De bedrijfsgrootte van de telers in de regio Opheusden naar aantallen hectares per bedrijf is als volgt: 18 van 1-3 ha, 78 van 3-15 ha en 24 van 15-100 ha. De totale hoeveelheid verse houtige biomassa uit de laanbomenteelt in Gelderland is 23.388 ton vers/jaar. Deze verse biomassa bevat 50% droge stof, zodat de totale hoeveelheid droog houtige biomassa gelijk is aan 11.694 ton droge stof/jaar. Dit is net voldoende voor een kleine verzelboardfabriek. Het leveringspatroon is een deel in december-mei van onderhoud en een deel in mei-juni niet verkocht materiaal. Gemiddeld komt zo'n 14,7 ton verse houtige biomassa vrij per ha per jaar, met een gemiddelde dichtheid van 200 kg/m³ voor rooi- en snoeihout.

5.2 Biomassabeschikbaarheid in relatie tot het biomassawerf concept

5.2.1 *Kanttekeningen van de Boomkwekersvereniging Opheusden t.a.v. beschikbaarheid houtige reststromen*

Het bestuur van de Boomkwekersvereniging Opheusden heeft in een persoonlijke mededeling aangegeven dat men van mening is dat de gegevens uit de voorloopstudie kringloop ondernemen (Smits & Baltissen, 2011), gepubliceerd in januari 2012, niet meer geheel van toepassing zijn. Deze zijn dus minder goed bruikbaar voor de bepaling van de vestigingslocatie van een biomassawerf. De teeltduur van laanbomen is gemiddeld 3 tot max 5 jaar. Na deze periode gaat materiaal wat resteert bij voorkeur in potten of containers, wordt ingekuuld of blijft toch nog langer staan (dit hangt mede af hoe dit fiscaal uitvalt). Als een perceel op een bepaald moment weer nodig is voor nieuwe aanplant dan zal men het perceel eerst ruimen. Meestal ligt het terrein daarna gedurende 1 jaar braak of wordt een groenbemester ingezaaid. Percelen worden bijna altijd geruimd na afloop van het rooiseizoen, dat valt van eind april tot maximaal eind mei. De houtige reststromen verwerkt men het liefste ter plekke. Op die manier is er minder handling nodig en minder gesleep met materiaal dat mogelijk verspreiding van ziekten kan veroorzaken. Verder blijft dan met name de restgrond (bv. aanhangend aan de kluiten van gerooide bomen) achter op het perceel en dit is meestal ook de meest vruchtbare grond. De voorkeur van boomkwekers was vroeger om de reststromen meteen te verbranden op het perceel. Het bestuur constateert echter dat boomkwekers de laatste jaren steeds minder voor verbranden kiezen bij het ruimen van een perceel. Het snoeihout wordt in toenemende mate ter plekke geklepeld, en daarna onder de grond gewerkt als voeding voor de bodem. Verder is op het moment een commerciële aanbieder in het gebied actief, die snoeiafval ter plekke versnipperd met een mobiele

chipper. De kweker krijgt dan een vergoeding voor aanlevering van het snoeiafval. Op het moment is er nog geen apparaat om de grotere bomen met wortels te versnipperen, maar de verwachting van de Boomkwekersvereniging Opheusden is dat deze op termijn komt ook beschikbaar zal komen. Reststromen zullen er dus altijd blijven maar niet in die grote hoeveelheid dat daarvoor in het gebied Opheusden een biomassawerf ten behoeve van houtvezelpanelen ingericht zou moeten worden, die voor alle partijen economisch rendabel zal zijn.

5.2.2 *Eisen aan het biomassawerf concept*

Wat betreft het idee van het introduceren van een biomassawerf vindt de Boomkwekersvereniging Opheusden dat het vanzelfsprekend is dat een op te zetten keten van biomassa tot eindproduct economisch rendabel moet zijn voor de deelnemende partijen. Dus de aanlevering van houtige biomassa reststromen moet de boomkwekers in ieder geval geen geld kosten. Uiteindelijk dient de biomassa schoon te zijn voor de verwerking tot vezelpanelen. Het voorkomen van vervuiling bij de bron is gunstig, maar kan extra kosten met zich meebrengen. Schoonmaken moet bij voorkeur plaatsvinden op die plek in de keten (boomkweker-biomassawerf-houtvezelpanelenfabriek) waar dat praktisch/economisch het gunstigst is. Zieke bomen zijn waarschijnlijk geen probleem voor toepassingen als houtvezelpanelen (de toepassing waar deze case specifiek naar kijkt).

5.3 Gegevens over locatie en omvang van bedrijven in de laanboomteelt

De bedrijfsnamen zijn gehaald uit een lijst van de leden van 'Boomkwekers Opheusden' op de website van Boomkwekersvereniging 'Opheusden en omgeving' (Boomkwekers Opheusden, 2014). Allereerst zijn openbare ha-postcode-data gezocht op internet. In totaal zijn op die manier van 23 bedrijven ha-postcode-data gevonden op de website van de bedrijven, met een totaal areaal van 855 ha. De gevonden postcodes betreffen de locatie van de hoofdvestiging van de bedrijven. Deze postcode-locaties corresponderen niet altijd met de locaties van de teeltpercelen zelf, die verspreid kunnen liggen binnen een groter postcodegebied. Fontein & Kranendonk (2010) schatten dat er ca. 1.300-1.500 ha laanbomenkweek is in de omgeving van Opheusden, zodat met deze eerste scan van 855 ha zo'n 57-65% van het areaal in beeld leek te zijn.

Aangezien dit percentage nog niet voldeed aan de doelstelling om de gegevens van 80% van het totale areaal te achterhalen, is vervolgens contact gelegd met Theo Jonker, bestuurslid van de Boomkwekersvereniging Opheusden, om te zien of er nog aanvullende gegevens verkregen konden worden. Het gebied rond Opheusden (Figuur 10) komt overeen met Bacterievuurrijkezone 10 (VWA, 2014) tussen Rijn en Waal, Spoorlijn Arnhem-Nijmegen, Amsterdam-Rijn kanaal, Middenveld Rhenen/Veenendaal. Via deze bron zijn de ha-data en de 6-cijferige-postcodes verkregen van de 25 grootste bedrijven, alle met een areaal van 18 ha of groter, en met een totaal areaal van 1.018 ha. Van kleinere bedrijven zijn geen aanvullende gegevens verkregen. Tevens is de verdeling verkregen van de grootte van de bedrijven ingedeeld

in vier grootte-categorieën: < 10 ha, 10-20 ha, 20-40 ha en > 40 ha, en de geschatte totale arealen per grootte-categorie.

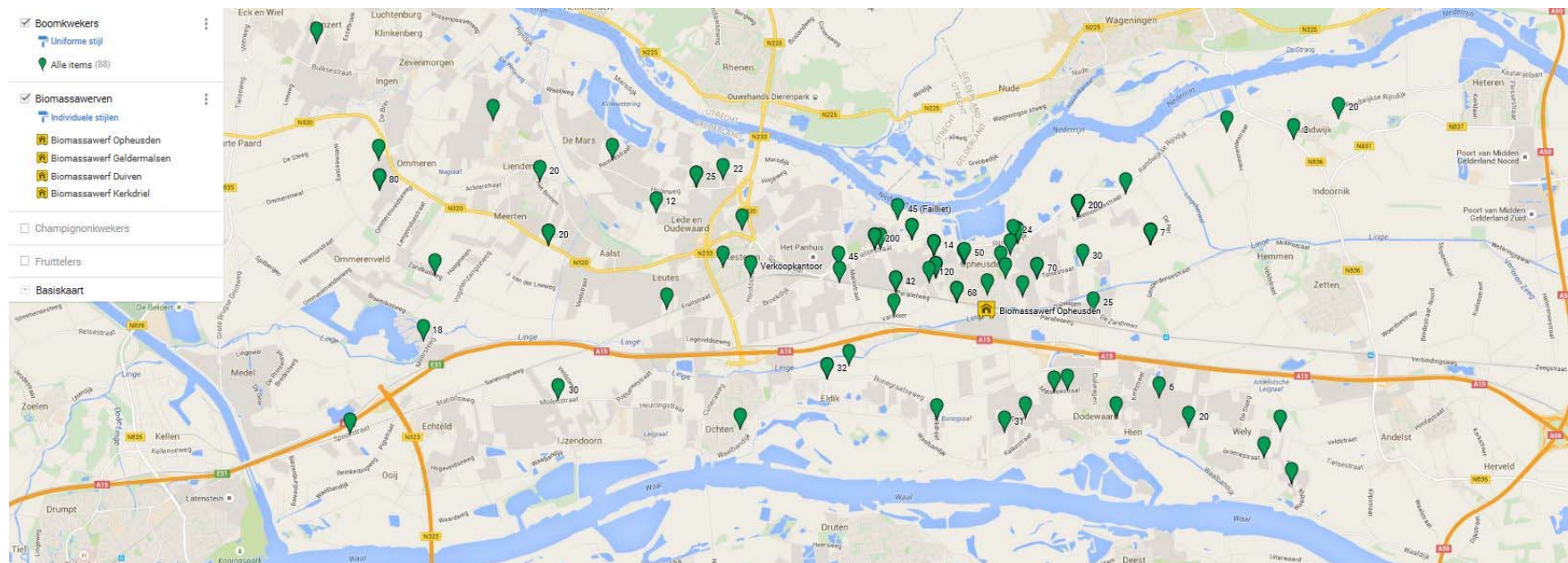
In totaal blijken er ca. 150 kwekers te zijn met een totaal van 1.700 ha. Dit areaal is dus hoger dan de schatting van Fontein & Kranendonk (2010). De verdeling over de grootte is als volgt:

- kleiner dan 10 ha, ca. 100 bedrijven, ca. 400 ha
- 10-20 ha, 23 bedrijven, ca. 291 ha
- 20-40 ha, 17 bedrijven, ca. 412 ha
- boven 40 ha, 7 bedrijven ca. 600 ha



Figuur 10 Bacterievuurvrije bufferzone 10 Opheusden (Bron: VWA, 2014).

De via internet verkregen data uit de eerste scan en de data van de Boomkwekers vereniging Opheusden, zijn vervolgens geïntegreerd. In de gevallen waar de oppervlaktegegevens van de websites en van de Boomkwekersvereniging verschilden, zijn de data van de Boomkwekers vereniging aangehouden. Dit levert de ha-postcode-data op van 35 bedrijven met een totaal areaal van 1.100 ha. Hiermee is $(1.100/1.700) = 64.7\%$ van het totale areaal in kaart gebracht. Op basis van alle data kan het aantal ontbrekende bedrijven per grootte-categorie, en het gemiddelde areaal van de ontbrekende bedrijven worden berekend. De bronnen zijn per postcode geplott in GoogleMaps, waardoor visueel inzicht ontstaat in de verdeling van de bedrijven binnen het postcodegebied (Figuur 11). Naast de bron staat voor zover bekend het aantal ha op de betreffende postcode.



Figuur 11 Boomkwekers (inclusief aantal ha op de betreffende postcode) in de omgeving van Opheusden.

5.4 Berekeningen laanboomteelt

5.4.1 *Uitgangsgegevens*

Zoals in het voorgaande genoemd omvat de dataset in de eerste plaats bedrijven waarbij postcode en areaal gekoppeld zijn, met in totaal een areaal van 1.100 ha verdeeld over 35 bedrijven. Van 51 andere bedrijven uit de dataset is al wel een postcode bekend, maar geen oppervlakte gegevens (aantal ha). In totaal was van 600 ha nog onbekend bij welke 115 (=150-35) bedrijven en bij welke postcodes die hoorden. Dit dus komt neer op gemiddeld 5,217 ha per bedrijf. Uiteindelijk is dat afgerond naar 5 ha per onbekend bedrijf, waardoor $1.100 + 51 \times 5 = 1.355$ ha verantwoord is in de dataset. Daarmee is dan $1.355/1.704 = 79,5\%$ van de boomkwekers in het gebied in beeld gebracht (net geen 80%). De dataset waarmee gerekend is voor de logistieke case bevatte uiteindelijk dus 1.355 ha boomteelt verdeeld over 86 bedrijven.

De transportafstanden (enkele reis) tot de drie biomassawerf locaties zijn bepaald voor de afzonderlijke bronlocaties (6-positie postcodes) die liggen binnen de volgende plaatsen: Ingen, Ommeren en Lienden (Gemeente Buren), Kesteren, Opheusden, Ochten, IJzendoorn, Echteld en Dodewaard (Gemeente Nederbetuwe) en Randwijk (Gemeente Overbetuwe). Toewijzing van de reststromen uit de laanboomteelt aan een andere biomassawerf dan de werf in Opheusden ligt niet voor de hand aangezien de laatste voor alle postcodes de dichtstbijzijnde is.

De transportkosten zijn daarom berekend voor twee verschillende logistieke situaties, nl.:

- 1) alle verse houtige reststromen worden bij de oorspronkelijke postcode-bron gechipt met een kleinschalige mobiele chipper, en vanaf die bron worden ze direct naar de uiteindelijke verwerking in Duiven vervoerd met een vrachtwagen;
- 2) de verse houtige reststromen uit alle postcode-bronnen worden eerst met een landbouwwagen naar de biomassawerf in Opheusden vervoerd, waar de biomassa kan drogen en pas op een later tijdstip grootschalig wordt gechipt; hierna wordt de gedroogde, gechipte biomassa verder naar Duiven vervoerd met een vrachtwagen.

Dit leidt dus tot twee logistieke situaties:

- Situatie 1 (direct afvoeren):
 - alle bronnen → Duiven
- Situatie 2 (alles via biomassawerf afvoeren):
 - alle bronnen → Biomassawerf_B Opheusden → Duiven

5.4.2 *Berekeningswijze logistieke opties*

De methodiek van de berekening is gelijk aan de opzet van de berekeningen zoals die is gebruikt bij de modellering van de logistieke kosten voor reststromen uit de fruitteelt (zie paragraaf 4.3.2 en 4.3.3). Ook de boomteelt berekeningsheet (zie Bijlage 2) gebruikt uitgangsgegevens (hulpwaarden) die te variëren zijn. In Tabel 6 staat een voorbeeld beschreven van de gebruikte

hulpwaarden. Het verschil met fruitteelt zit in de hogere gemiddelde reststroom vers per ha (14,70 i.p.v. 10,70).

Tabel 6 Voorbeeld van de gebruikte hulpwaarden bij de berekening van de transportkosten in de laanboomteelt case, gedeeltelijk gebaseerd op Annevelink et al. (2014b).

Beschrijving	Waarde	Eenheid
Gemiddeld reststroom vers	14,70	ton vers/ha.jaar
Vochtpercentage vers	50	%
Dichtheid reststroom vers	200	kg/m ³
Vochtpercentage na drogen BW	40	%
Gemiddeld reststroom gedroogd BW	12,25	ton/ha.jaar
Dichtheid reststroom bewerkt BW	350	kg/m ³
Gem. reststroom droge stof (0% vocht)	7,35	ton ds/ha.jaar
Capaciteit vrachtwagen max gewicht	26,6	t
Capaciteit vrachtwagen max volume	80	m ³
Kosten vrachtwagen	1,63	€/km
Capaciteit landbouwwagen max gewicht	21,4	t
Capaciteit landbouwwagen max volume	70	m ³
Kosten landbouwwagen	1,54	€/km
Kosten grootschalig chippen	6,50	€/m ³
Kosten kleinschalig mobiel chippen	13,50	€/m ³
Kosten laden of lossen	1,89	€/ton
Afstand B naar C	40,1	km

5.4.3 Resultaat basis case laanboomteelt (50% vochtgehalte en dichtheid 200 kg/m³)

Voor de basis case is wederom uitgegaan van biomassa met een vochtgehalte van 50% die in logistieke optie 2 maximaal gedroogd wordt op de biomassawerf, nl. tot 20%. In logistieke optie 1 wordt helemaal niet gedroogd. Verder is de dichtheid van de oorspronkelijke biomassa 200 kg/m³. Voor de uiteindelijke chips wordt steeds uitgegaan van een dichtheid van 350 kg/m³.

De resultaten van de basis case zijn weergegeven in Tabel 7. Het blijkt (net als bij de fruitteelt case) dat logistieke optie 2 (via een biomassawerf) aanzienlijk gunstiger is dan optie 1 (rechtstreeks afvoeren). Ook hier is het voordeel gelegen in de mogelijkheid om gebruik te kunnen maken van een veel efficiëntere en daarmee goedkopere grootschalige chipper. Daarbij is dit voordeel zelfs nog conservatief berekend, omdat is aangenomen dat de dichtheid van de gedroogde biomassa gelijk is gebleven aan die van de verse biomassa (zie paragraaf 4.3.3). Wanneer de biomassa wel 'inklinkt' tijdens het drogen en er dus minder m³ gechipt hoeven te worden, zouden de grootschalige chipkosten zelfs nog verder kunnen afnemen. Een nadeel van optie 2 zijn de extra los- en laadkosten bij de biomassawerf. De transportkosten verschillen in

deze boomteelt sterker dan bij de fruitteeltcase. In dit geval zijn de transportkosten in optie 2 juist 18,8% lager dan in optie 1. Het nadeel van de los- en laadkosten wordt ruimschoots gecompenseerd door de veel lagere chipkosten en de lagere transportkosten, zodat optie 2 uiteindelijk 45,3% lagere kosten heeft dan optie 1 en de verwerkingsroute via een biomassawerf in de regio dus als gunstigste logistieke optie naar voren komt.

Tabel 7 Resultaten basis case boomteelt (50% vochtgehalte en dichtheid 200 kg/m³).

Optie 1			Optie 2			Vergelijking	
Handeling	€	Totaal €		€	Totaal €	Verschil	%
Chippen kleins.		1.344.499	Chippen groots.		647.351	-697.148	-51,9
Zonder laden/ lossen		0	Lossen	37.646			
			Laden	23.529	61.175	61.175	+100
Transport vers		99.104	Transp vers	19.297			
			Transp droog	61.181	80.479	-18.626	-18,8
	Totaal	1.443.603		Totaal	789.004	-654.599	-45,3
	per ton dm	144,95		per ton dm	79,22	-65,73	-45,3

5.4.4 Gevoeligheidsanalyse

De dichtheid van het uitgangsmateriaal wordt in de gevoeligheidsanalyse gevarieerd tussen 150, 200, 250 en 300 kg/m³. Voor de uiteindelijke chips wordt steeds uitgegaan van een dichtheid van 350 kg/m³. Als vochtgehalte van het uitgangsmateriaal wordt 50% genomen en in de gevoeligheidsanalyse wordt bekeken wat er gebeurt bij natuurlijk drogen op de biomassawerf van 50% tot 40%, 30% of 20%. De resultaten van de gevoeligheidsanalyse zijn samengevat in Tabel 8 en de uitgebreide berekening is te vinden in Bijlage 4.

Tabel 8 Gevoeligheidsberekeningen laanboomteelt.

Verandering vochtgehalte door drogen	Verandering dichtheid door voorbereken (kg/m ³)	Kosten logistieke optie 1 (€)	Kosten logistieke optie 2 (€)	Verschil (€)	Percentage verschil (%)
3 varianten drogen en mate van verdichting steeds hetzelfde (200 naar 350):					
50% naar 40%	200 naar 350	1.443.603	817.241	-626.362	-43,4
50% naar 30%	200 naar 350	1.443.603	801.106	-642.497	-44,5
50% naar 20%	200 naar 350	1.443.603	789.004	-654.599	-45,3
4 varianten verdichting en steeds standaard 30% drogen:					
50% naar 20%	150 naar 350	1.891.769	1.011.221	-880.549	-46,5
50% naar 20%	200 naar 350	1.443.603	789.004	-654.599	-45,3
50% naar 20%	250 naar 350	1.174.703	655.675	-519.029	-44,2
50% naar 20%	300 naar 350	995.437	566.788	-428.649	-43,1

Het variëren van het drogen heeft invloed op de laadkosten en de transportkosten van de gedroogde biomassa: die worden lager naarmate er meer wordt gedroogd. Met andere woorden, ten opzichte van de basis case die uitgaat van maximale droging tot 20% worden de transportkosten in optie 2 hoger wanneer er minder gedroogd kan worden op de biomassawerf. Dit scheelt echter maar 2% minder kostenvoordeel wanneer er maar tot 40% i.p.v. tot 20% kan worden gedroogd.

Wanneer de startdichtheid van het verse uitgangsmateriaal toeneemt dalen de kosten zowel in optie 1 als in optie 2. Dit komt door de hogere beladingsgraad van de voertuigen en door de lagere chipkosten (die worden berekend per m³). Bij alle startdichtheden blijft optie 2 echter nog steeds de goedkoopste optie. Dit wordt steeds veroorzaakt door het substantiële kostenvoordeel van grootschalig chippen op de biomassawerf.

6 Logistieke case champost – scheiden van fosfaat

6.1 Champost

Champost (Figuur 12) is een reststroom die ontstaat na afloop van een teeltcyclus van champignons. Het geheel bestaat uit gecomposteerde paardenmest gemengd met stro, kippenmest, gips/schuimaarde en veen. De totale hoeveelheid verse champost in de regio Kerkdriel wordt door Annevelink et al. (2013) geschat op 142.710 ton vers/jaar. Hiervan is 37% anorganisch materiaal, terwijl ca. 63% van de verse champost bestaat uit organische fractie, ofwel 89.907 ton vers/jaar. Deze verse organische fractie bevat 35% droge stof, zodat er totaal 31.468 ton droge stof/jaar beschikbaar is. De dichtheid van champost is 550 kg/m³.



Figuur 12 Champost (Bron: Gebr. Van Herwijnen B.V. - www.gebrvanherwijnen.nl/producten/champost).

6.2 Analyse huidige logistieke organisatie van de afvoer van champost

Om de huidige gang van zaken rond de inzameling van champost in beeld te brengen is telefonisch contact geweest met drie champignonkwekers. Er is gesproken met twee leden van de begeleidingscommissie van het lopende fosfaatextractie project (van Bon & Meesters, 2014; van der Maas & van Bon, 2014) te weten Arjan Stello (AK Champignons) en Martijn van Herwaarden (Martijn van Herwaarden Paddenstoelteelt). Als derde is logistiek planner Jos Vermeulen van

Prochamp geïnterviewd, één van de grootste champignonbedrijven in de regio Kerkdriel. Daarnaast is ook gesproken met twee handelsbedrijven die de champost inzamelen bij de champignon telers, en dit vervolgens afzetten als meststof bij verschillende typen agrarische bedrijven. Daarbij gaat het om logistiek planner Theo van Utrecht van de Gebr. Van Herwijnen B.V. uit Velddriel en operations manager Theo Hendriks van de firma Hofmans (deel uitmakend van de Emons Groep) uit Milsbeek.

De volgende vragen kwamen aan de orde:

1. Hoe groot is de teeltruimte?
2. Hoeveel champost voert men af per week?
3. Om de hoeveel tijd wordt afgevoerd?
4. Wordt champost gescheiden in een compost (organisch) en dekaarde (anorganische fractie)?
5. Wordt de champost meteen op zelfde dag van ruimen afgevoerd of wordt het nog opgeslagen op het bedrijf?
6. Welk bedrijf voert de champost af?
7. Welk type transportmiddel wordt gebruikt?
8. Wat is de capaciteit van het transportmiddel?
9. Over welke afstand wordt champost getransporteerd?
10. Wat zijn de kosten voor de afvoer van champost?
11. Naar welke locatie gaat de champost?
12. Is er een rol denkbaar voor een biomassawerf (met fosfaat extractie)?
13. Welke type bedrijven zijn afnemers van champost?

De combinatie van antwoorden op deze vragen met informatie op de websites van de bovengenoemde bedrijven geeft het volgende beeld van de huidige logistieke situatie rond de afvoer van champost.

1. Hoe groot is de teeltruimte?

De totale teeltoppervlakte van champignonkwekers in Gelderland is 96.000 m² (Annevelink et al., 2013). Het aantal champignonbedrijven is 34. Een gedetailleerd overzicht van de verdeling van de omvang van alle bedrijven in de Kerkdriel regio is niet bekend bij de geïnterviewden. De meeste champignonkwekers zijn echter niet zo groot (minder dan 1.000 m²). De trend is dat de schaal van de bedrijven steeds groter wordt en dat bedrijven zich op minder locaties concentreren. Vaak wordt eerst tijdelijk extra bestaande teeltruimte gehuurd van een andere kweker die zelf stopt. Op die manier gaat zo'n oude locatie niet meteen dicht. Sluiting gebeurt dan pas later als de productiesituatie op zo'n oude locatie te slecht wordt, bv. door een verouderde installatie. Vervolgens gaat men terug naar één (inmiddels vergrote) hoofdlocatie of huurt weer elders tijdelijk extra teeltruimte.

AK Champignons gebruikte in 2014 vier locaties in Kerkdriel voor champignonteelt, nl. een hoofdlocatie waar men in de toekomst alles naartoe gaat verplaatsen), twee nevenlocaties waarvan er één rond januari 2015 is gesloten) en een locatie voor biologisch geteelde champignons. Deze vier locaties hebben gezamenlijk een teeltoppervlakte van 10.000 m². Martijn van Herwaarden Paddenstoelteelt kweekt inmiddels geen champignons meer, maar Shiitake en oesterzwam. Men heeft een teeltoppervlakte van 2.700 m² oesterzwam en 900 m² Shiitake verspreid over vier locaties. Prochamp tenslotte is een van de grootste bedrijven in Nederland met in totaal 70.000 m² teeltruimte. Men maakt ook zelf de benodigde compost voor de teelt en verwerkt de champignons in eigen beheer.

2. Hoeveel champost voert men af per week?

Een teelt duurt vanaf het moment van vullen van een cel zo'n 4-6 weken. Na afloop van een teelt halen champignonkwekers een cel ofwel zelf leeg, ofwel ze besteden dit uit aan een loonwerker. Men heeft bv. 10 cellen, waarvan er dan ongeveer 2 per week worden gelegeerd en gevuld. De bedden in een cel zijn 10-15 cm dik met een afrodoek eronder. Tijdens het ruimen (Figuur 13) wordt de oprodoek aangetrokken en de champost valt vervolgens op een afvoerband die een container (tijdelijk neergezet of op een wachtende containerwagen; Figuur 14) of een Walking Floor trailer (Figuur 15) vult.



Figuur 13 Het ruimen van een cel bij een champignonkweker met een leeghaal-machine (Bron: Hofmans – www.hofmanshorst.nl).



Figuur 14 Het laden van een containerwagen (Bron: Gebr. Van Herwijnen B.V. - www.gebrvanherwijnen.nl).



Figuur 15 Het laden van een Walking Floor trailer (Bron: Kooijmans Champignons B.V. - www.hooijmanschampignons.nl).

Als men 15-25 cellen heeft dan kan men er 3-4 keer per week een legen en vullen. De omvang van een cel is niet gestandaardiseerd, maar kan variëren van zo'n 160 m² tot 500-600 m². Er is een relatie tussen de m² en de hoeveelheid champost, maar per type kweker zijn deze hoeveelheden verschillend. Een champignonkweker brengt zo'n 90 kg/m² compost in de cel aangevuld met dekaarde. Dat komt uiteindelijk neer op een afvoer van ongeveer 100 kg/m² champost (inclusief dekaarde en champignonvoetjes).

Bij het bedrijf AK Champignons komt er bv. per week 120 ton compost binnen en dat komt er dus ook elke week weer uit en samen met dekaarde komt dat neer op ongeveer 134 ton

champost. Dat is zo'n 5-6 volle vrachten per week. Prochamp heeft elke week ongeveer 10 keer zoveel afvoer, nl. zo'n 1.300 ton champost per week (ofwel zo'n 55-65 volle vrachten). Een teeltcel wordt bij Prochamp standaard na 4 weken geruimd.

3. Om de hoeveel tijd wordt afgevoerd?

Er wordt altijd volgens een wekelijks schema gevuld bij de bedrijven, en dus ook elke week afgevoerd. Er is met andere woorden sprake van een regelmatige afvoer van champost. In het voorjaar/zomer (mei-augustus) wordt de champignonproductie teruggeschroefd met ongeveer 1/3. maar vindt er ook dan nog wekelijks afvoer plaats van champost.

4. Wordt champost gescheiden in een compost (organisch) en dekaarde (anorganische) fractie?

De verbruikte compost en de dekaarde komen bij elkaar uit de cel. In Limburg heeft Gerard Sikkens een machine ontwikkeld die dekaarde kan scheiden bij het ruimen, zodat die apart als product verkocht kan worden en er minder champost hoeft te worden afgevoerd. In Limburg zijn daarmee al proeven uitgevoerd, maar in Kerkdriel is het nog niet gebruikelijk om de dekaarde te scheiden.

5. Wordt de champost meteen op dezelfde dag van ruimen afgevoerd of wordt het nog opgeslagen op het bedrijf?

De champost wordt tijdens het leegruimen van een cel rechtstreeks uit de cel via een band in een containerwagen of Walking Floor trailer geladen. Deze voertuigen vertrekken van het bedrijf zodra ze vol zitten. Ook gevulde neergezette containers worden dezelfde dag van het champignonbedrijf afgevoerd. Er is dus geen opslag bij de champignonbedrijven.

6. Welk bedrijf voert de champost af?

Twee handelsbedrijven, nl. Gebr. Van Herwijnen B.V. uit Velddriel en Hofmans uit Milsbeek halen het merendeel van de champost op bij de champignonkwekers in Kerkdriel. Gebr. van Herwijnen B.V. transporteert elke week ongeveer dezelfde hoeveelheid, nl. zo'n 30-35 vrachten champost per week. Sinds de zomer van 2014 voert Prochamp in eigen beheer haar champost af. De handel en het ingehuurde transport worden geregeld door een eigen planner van Prochamp.

7. Welk type transportmiddel wordt gebruikt?

Vervoer per as (vrachtauto) is nu gangbaar. Men gebruikt ofwel containerwagens met één of twee containers (35 m³ per stuk) ofwel Walking Floor trailers (90 m³). Het ligt o.a. aan de grootte van het bedrijf welk type transportmiddel wordt gekozen. Bij een kleinere teeltcel wordt de container tijdelijk op de grond geplaatst en achtergelaten bij de champignonkweker. Een loonwerker kan de container dan vullen op een ander tijdstip en de vrachtwagen hoeft niet onnodig te wachten. Een container wordt dan later op dezelfde dag opgehaald. In Kerkdriel zitten meerdere bedrijven, dus men het afleveren van een lege container bij het ene bedrijf, vaak combineren met het ophalen van een volle container bij een ander bedrijf om ritten te sparen. Bij een bedrijf met grotere teeltcel laat men een voertuig wachten tijdens het laden. Dit betreft dan een containerwagen of

een Walking Floor trailer. Bij deze grotere bedrijven wordt een 'logistische trein' georganiseerd. Elke 20 minuten arriveert een nieuwe voertuig en in 2-3 uur tijd wordt de teeltcel dan in zijn geheel achter elkaar leeggehaald.

De omvang van het teeltbedrijf is bepalend voor de mate van complexiteit van de afvoer van de champost van het bedrijf. Waar kleine bedrijven kunnen volstaan met enkele vrachtwagens per dag, die champost aan het einde van elke teeltcyclus afvoeren, moeten grote bedrijven zoals Prochamp gedurende een piekperiode wel 20 tot 30 vrachtwagens verwerken. Daarbij moeten tegelijkertijd voldoende vrachtwagens beschikbaar zijn maar ook voldoende afzetruimte voor de champost. Met andere woorden, de logistische planning wordt daarmee behoorlijk complex. De alternatieve mogelijkheid om champost per schip af te voeren, waarbij bv. twee vrachtauto's continu op en neer rijden tussen bedrijf en schip, zou dit proces dan ook kunnen vergemakkelijken voor met name de grotere champignonkwekers.



Figuur 16 Laden van champost bij een experiment met vervoer per schip (Bron: Hofmans – www.hofmanshorst.nl).

In 2010 is een eerste proef gehouden met vervoer per schip (Annevelink et al., 2013; Figuur 16). Deze proef werd voor zo'n 80% door Prochamp gevuld. Verder waren Hooymans Compost en Johan van Namen Kwekerijen, Transport en Handel betrokken. Ook de firma Hofmans was betrokken bij deze eerste proef met afvoer van champost per schip. De proefvrachten zijn

destijds in Keulen en Hamburg gelost. Toen ging de afzet in Duitsland nog gemakkelijker. Vervoer per schip kon destijds economisch niet uit, vanwege de hogere prijs. Economisch was vervoer per vrachtwagen toen nog goedkoper. Dit was de reden om niet door te gaan met vervoer per schip. Er liggen wel ideeën om vervoer per schip weer op te pakken. Zo heeft Prochamp vanaf november 2014 nieuwe proeven uitgevoerd waarbij ladingen champost per schip zijn afgevoerd. Het was een test om te zien of het transport goed verliep, gekoppeld aan de afzet. Prochamp wil zelf de afvoer van champost ter hand nemen. Het schip ging naar Zeeuws-Vlaanderen, want per as is de afvoer naar dat gebied redelijk ongunstig (o.a. tol in de tunnel, etc.). Transport per schip zou dan goedkoper kunnen zijn. Het schip moet wel in één dag geladen kunnen worden, want anders wordt het te duur. Inmiddels heeft Prochamp sinds begin 2015 het probleem dat de Gemeente het gebruik van de laadplaats in de haven van Kerkdriel om onduidelijke redenen niet meer toestaat. Daarom moet men nu in de omgeving op zoek gaan naar een andere laadplek voor de schepen.

Gebr. Van Herwijnen B.V. waren destijds niet betrokken bij de experimenten met scheepsvervoer. Nu zijn ze er wel mee bezig, maar het staat bij hun nog in de kinderschoenen. Er valt nog niet veel over te zeggen. Het laden van schepen in de buurt is volgens Gebr. Van Herwijnen B.V. geen probleem, maar het lossen dicht genoeg bij ontvangers kan een probleem zijn, vergeleken met transport per vrachtwagen.

8. Wat is de capaciteit van het transportmiddel?

De capaciteit van een containerwagen met 1 container is 35 m³ ofwel 12,5 ton en met 2 containers (1 op een aanhanger) is dat 70 m³ ofwel 25 ton. De capaciteit van een Walking Floor trailer is 90 m³ ofwel ongeveer 34 ton. Een containerwagen met een leeggewicht van 25 ton is te zwaar voor transport naar het buitenland. De limiet op het totaalgewicht van het voertuig met de last is 40 ton in Duitsland, zodat dan maar maximaal 15 ton champost als lading kan worden vervoerd in een containerwagen. In België is die limiet 44 ton (maximaal 19 ton champost als lading) en in Nederland 50 ton (maximaal 25 ton champost als lading). Het leeggewicht van een Walking Floor trailer is zo'n 9 ton lager, n.l. 16 ton. Het voordeel van een Walking Floor trailer is dus dat men binnen de wettelijke normen meer massa champost kan laden bij transport naar Duitsland, n.l. zo'n 24 ton. Een containerwagen heeft weer een ander voordeel n.l. dat zo'n 4-wiel aangedreven voertuig juist beter geschikt is om op akkerbouwland te kunnen lossen. Een Walking Floor trailer slipt daar weg bij de minste regen.

Er is een duidelijk verschil tussen het wagenpark van de twee transporteurs, vooral ingegeven door een verschil in afzetmarkt. De Gebr. van Herwijnen B.V. heeft alleen containerwagens voor regionale afzet in eigen bezit, en men huurt extern een Walking Floor trailer als men die nodig heeft. Zo'n 90-95% van de champost transport gaat bij Hofmans daarentegen juist in een Walking Floor trailer vanwege de internationale afzet. Hofmans heeft een wagenpark met 30 Walking Floor trailers en 5 containerwagens. Vervoer per containerwagen doet Hofmans alleen als speciale service aan hun klanten, bv. containers om resten compost op te slaan. Prochamp maakt voor haar transport in eigen beheer gebruik van ingehuurde Walking Floor trailers.

9. Over welke afstand wordt de champost getransporteerd?

Volgens champignonkweker Arjan Stello zit de logistiek nu al redelijk goed in elkaar. Weinig lege kilometers rijden is belangrijk. B.v. rondjes maken van A naar B naar C naar A kan kilometers besparen. Omdat Prochamp pas zo'n 4 maanden bezig is kan men lastig zeggen wat de gemiddelde plaatsingsafstand is, maar men schat in dat het zo'n 125 km is.

10. Wat zijn de kosten voor de afvoer van champost?

Er zijn in ieder geval kosten voor de afvoer van de champost bij de champignonkweker en in bepaalde gevallen ook voor het leveren bij de afnemer. De champignonkweker betaalt een vast bedrag per hoeveelheid als ophaalbijdrage. Dit wordt per jaar of per half jaar afgesproken. Het afgevoerde gewicht (tonnen) champost is dus van belang bij het bepalen van de prijs. De ophaalbijdrage ligt rond de 150 €/container of 300 € voor een voertuig met dubbele containers. Dit bedrag van 300 € geldt ook ongeveer voor een Walking Floor trailer. Ook de afzetmogelijkheden hebben invloed op de afvoerprijs. Deze prijzen kunnen hoger worden door de veranderingen in de afzetmarkt. Als de mestboekhouding van de akkerbouwers in de buurt vol zit, zal de champignonkweker meer moeten betalen voor de afvoer van de champost. Ook ontwikkelingen op de Duitse markt kunnen van invloed zijn.

De afleverkosten van champost bij een klant hangen af van de transportafstand. Hoe verder het transport, des te meer moet men betalen. In de regio gratis lossen kan nog, maar bij een afstand van meer dan 30-40 km moet een akkerbouwer betalen. Hoe verder weg, des te hoger de kosten. In Kerkdriel en Brabant zitten de meeste champignonkwekers en als de champost dan bv. naar de Noordoostpolder of naar Zeeland vervoerd moet worden, dan moet men daar betalen om te ontvangen.

11. Naar welke locatie gaat de champost?

De opgehaalde champost wordt meestal meteen afgezet op een eindlocatie (en dus niet meer ergens opgeslagen). Gebr. Van Herwijnen B.V. zet champost liefst zoveel mogelijk dichtbij in de regio af. De Nederlandse afzetmarkt zit echter al wel redelijk vol. Het totale teeltareaal in Nederland bepaalt hoeveel champost (inclusief fosfaat) er op akkers mag worden opgebracht. Voor het opvangen van pieken in het aanbod en dalen in de vraag, kan vervoer naar het buitenland (Duitsland en België) een oplossing zijn. In tegenstelling tot Gebr. Van Herwijnen B.V. exporteert Hofmans het grootste deel van de ingezamelde champost naar het buitenland. Tot nu toe is het hele jaar afzet mogelijk naar Duitsland. In 2013 werd er bv. volgens Schmitz & Lüttgens (2014) alleen al in Nordrhein-Westfalen 635.973 ton champost geïmporteerd vanuit Nederland. Voor het beoordelen van de geschiktheid van een afzetgebied in het buitenland is het o.a. van belang waar het gebied exact ligt (i.v.m. de transportafstand), wat men daar wil betalen en of de afzet daarheen wel continu kan doorgaan. Bij afzet over langere afstanden kan het omzetten van verse champost in korrels of pellets met een hogere dichtheid mogelijk een oplossing bieden om de logistieke kosten te verlagen (hier staan echter ook verdichtingskosten tegenover). Een voorbeeld van een mogelijke nieuw afzetgebied is Oost-Duitsland. Een nadeel van die regio is echter wel dat men als gevolg van vorst daar een paar maanden per jaar geen compost kwijt kan.

De afzet over de grens staat overigens ook qua regelgeving onder druk (Verhagen, 2014). In Duitsland moet de lokale boer registreren hoeveel ton droge massa hij op zijn land brengt. Men mag nu nog meer champost per ha lossen dan in Nederland, omdat champost geldt als meststof zonder wezenlijk voedingstofgehalte. De afzet van champost in bepaalde delen van Duitsland lijkt echter aan banden gelegd te gaan worden (Schmitz & Lüttgens, 2014). Alle organische meststoffen, dus ook champost, gaan n.l. meetellen voor de stikstof- (170 kg/ha N totaal) en fosfaatnormen (alleen een percentage van de opname mag worden gecompenseerd, afhankelijk van het bodemtype). Bovendien gaat ook in Duitsland (NRW) een uitrijverbod gelden van 1 december t/m 31 januari. Daardoor is er minder plaatsingsruimte op relatief korte afstand, en men moet verder gaan rijden naar andere BRD landen met meer kilometerkosten als gevolg. Concluderend wordt het dus steeds lastiger om champost af te zetten in Duitsland.

12. Is er een rol denkbaar voor een biomassawerf (met fosfaatextractie)?

Gebr. Van Herwijnen B.V. heeft een geregistreerde opslag, maar de inzet is om alle champost meteen bij de akkerbouwers en fruittelers af te leveren (en dus niet of hoogstens maar heel kort op te slaan). De containers vervoert men het liefst direct naar een afnemer. De champost kan echter in sommige gevallen niet direct op het land worden verwerkt, bv. bij nat weer of om reden van een tijdelijk verbod, en dan is tussenopslag nodig. Ook Hofmans heeft een kleine opslaglocatie in Horst aan de Maas. Daarnaast denkt men na over het opzetten van een biomassawerf met meer opslagcapaciteit. Daarvoor is wel een vergunning nodig en bovendien zijn er extra handlingskosten bij tussenopslag. Prochamp tenslotte vindt opslag en bewerking van champost op een biomassawerf een te dure optie (eerst van A naar B vervoeren, bewerken en dan weer van B naar C).

Champost bevat dierlijke mest (paarden- en kippen mest) en valt daarom sinds van 1 januari 2006 onder de Nederlandse Meststoffenwet (van Mierlo, 2014). Dit heeft invloed op de wijze van afvoer en daardoor telt het stikstofgehalte voor 25% mee voor de werkingscoëfficiënt binnen het systeem van gebruiksnormen en fosfaat voor 100%. Bij elk transport moet een Vervoersbewijs Dierlijke Meststoffen (VDM) worden opgemaakt, die wordt ingediend bij RVO (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland). Dit VDM dient voor de registratie van afgevoerde mineralen t.b.v. de verplichte meststoffen administratie. Voertuigen zijn uitgerust met een AGR (Automatische Gegevens Registratie) en GPS voor communicatie met RVO. Als men niet lost onderweg (in een tijdelijke opslag) dan mag het nu forfaitair worden doorgezet (geen GPS + bemonsteren). In 2006 is gekozen voor een forfait systeem, waardoor analysekosten vermeden kunnen worden. De forfaitaire gehalten van champost (met mestcode 110) zijn 6,9 kg/ton aan N en 4,1 kg/ton aan fosfaat (P_2O_5). Zonder bodembemonstering mocht men in 2014 op bouwland met een hoge fosfaattoestand 55 kg fosfaat (P_2O_5) ofwel 13,4 ton champost per hectare uitrijden (Verkerk, 2014). Op 1 ha mag er dan ongeveer 1 container (12,5 ton) champost worden gelost.

En in 2015 neemt de plaatsingsruimte op bouwland met een hoge fosfaattoestand verder af tot 50 kg/ha. Sinds 1 september 2008 gelden er ook regels voor uitrijtijden. Op klei- en veengronden

mag men champost gedurende het gehele jaar uitrijden, maar op zand- en lössgronden alleen van 1 februari tot 1 september.

Het fosfaatgehalte in de champost is daardoor een bottleneck bij het plaatsen. Fosfaat-extractie uit champost kan voordelig zijn omdat men dan meer plaatsingsruimte krijgt voor de geproduceerde fosfaatarme champost. De geproduceerde fosfaatarme champost zou volgens AK Champignons net als op dit moment via handelaren verspreid kunnen worden, die gespecialiseerd zijn in het organiseren van de logistiek (transportmiddelen en afzetcontacten). Prochamp verwacht echter dat het economisch niet haalbaar is om fosfaatextractie ergens in de huidige logistieke keten ertussen te plaatsen. Afgezien van de proceskosten voor de fosfaatextractie zijn er ook nog extra bemonsteringskosten en kosten voor het met GPS aan- en afvoeren van de meststroom. Akkerbouwers meer laten betalen voor het ontvangen van de champost is volgens van Herwijnen ook niet aan de orde omdat deze bedrijven het economisch moeilijk hebben op het moment.

13. Welke typen bedrijven zijn afnemers van champost?

In Nederland wordt geleverd aan de akkerbouw, fruitteelt, boomkwekerij en bollenteelt als bodemverbeteraar. Soms maakt men er ook potgrond van. De afvoer gaat soms ook naar een groenrecycling bedrijf.



Figuur 17 Lossen van champost uit een Walking Floor trailer (Bron: Hofmans – www.hofmanshorst.nl).

De Walking Floor trailer (Figuur 17) of de containerwagen (Figuur 18) wordt op de kop van een perceel gelost, waarna de champost door de akkerbouwer zelf over het perceel wordt uitgereden. Vroeger kon men het tijdelijk op de kopakker opslaan, en dan kon akkerbouwer het binnen drie weken op het land leggen. Zo kon de boer wachten op goed weer om uit te strooien. Nu is die tijd wettelijk ingekort en moet men het meteen onderwerken (ook in Duitsland). Dus de planning van het afleveren moet afgestemd worden met de boer, hetgeen de planning ingewikkelder maakt.



Figuur 18 Lossen van champost uit een containerwagen (Bron: Gebr. Van Herwijnen B.V. - www.gebrvanherwijnen.nl).

Handelaren ervaren meestal aan het eind van het jaar problemen met de plaatsingsruimte van sommige bedrijven die dan al vol zitten. De afvoer naar akkerbouwers is verder periodegebonden: er zijn pieken en dalen wanneer men champost wil hebben. Een problematisch tijdvak is gedurende de pluk bij fruitteelers wanneer geen champost wordt afgenomen. Daarna gaan ze voorraad opbouwen. Bij vorst is er juist een tekort aan champost door een hoge vraag van fruitteelers die champost gebruiken om de voet van de onderstam af te dekken (Figuur 19).

Er zijn ook experimenten geweest met het verbranden van champost. De droge stof is daarvoor echter te laag en men heeft op dit moment geen rendabele mogelijkheid om te drogen.



Figuur 19 Bemesten met champost in de fruitteelt (bron: Gebr. Van Herwijnen B.V. - www.gebrvanherwijnen.nl)

6.3 Locatie van de champignonbedrijven

De bedrijven liggen geconcentreerd rond Kerkdriel en Hedel (Gemeente Maasdriel; Figuur 20). De champignonbedrijven zijn gevonden in verschillende openbare bronnen (Telefoonboek, MooiMaasDriel, OOZO.nl), die met elkaar zijn vergeleken om te komen tot de uiteindelijke lijst. Dubbele adressen zijn verwijderd. Er zijn in totaal 45 bedrijfsadressen gevonden. De exacte locaties van de individuele bedrijven zijn bepaald aan de hand van de postcodes. Via openbare bronnen kan slechts een zeer ruwe indicatie van de teeltoppervlakte van de verschillende bedrijven worden achterhaald. De beste indicatie hiervoor is bij benadering het aantal personeelsleden (fte's) genoemd door de Kamer van Koophandel in het overzicht van OOZO.nl. Dit is echter een categorie: 2 tot 5, 6 tot 10 en 11 tot 20 en dus nog steeds niet erg nauwkeurig. Slechts weinig bedrijven hebben een eigen website. Het resultaat was dat er geen teeltoppervlakten van de bedrijven achterhaald konden worden. De gevonden adressen (postcodes) zijn weergegeven met GoogleMaps (Figuur 21).



Figuur 20 Regionale situatie in gemeente Maasdriel (Paddenstoelenpact, 2012).



Figuur 21 Verdeling van de champignontelers in Kerkdriel.

6.4 Overwegingen bij het inpassen van een fosfaat-extractie installatie in de logistieke keten

De champost komt vrij aan het einde van de teelt. In de huidige situatie wordt de onveranderde champost direct naar een te bemesten veld van een akkerbouwer gebracht (zie Paragraaf 6.2). Bij een alternatieve opzet zou de champost eerst naar een biomassawerf gebracht worden waar een bioraffinage installatie staat, waarin fosfaat wordt afgescheiden. Vervolgens wordt vanaf de biomassawerf de fosfaatarme champost afgevoerd naar verschillende eindgebruikers (bv. akkerbouwers). De fosfaat wordt afgevoerd naar een (kunst)mestproducent. Een mogelijke locatie voor een biomassawerf is de Haven van Kerkdriel. De technische specificaties van een bioraffinage installatie voor fosfaatextractie zullen volgen uit het gerelateerde Topsector 'Tuinbouw & Uitgangsmaterialen project 'Valorisatie champost voor duurzamer bodembeheer, robuustere teeltsystemen en efficiënter fosfaatgebruik in de vollegrondstuinbouw', dat in 2013 is gestart door Wageningen UR - PPO Fruit in samenwerking met Wageningen UR - Food & Biobased Research (van der Maas & Hooijmans, 2013; van der Maas & van Bon, 2014).

Het bedrijf AgriValid heeft plannen om de ontwikkelde fosfaat-extractie technologie in de markt te implementeren. Men kijkt naar een aantal mogelijke locaties waar een installatie van voor de verwerking van 75.000-100.000 ton champost op jaarbasis kan worden gerealiseerd. Misschien begint men eerst met een demo-installatie van zo'n 35.000 ton.

De beste plaats voor de installatie hangt volgens AgriValid o.a. af van de logistiek en van de mogelijkheden om een vergunning te krijgen. Dit laatste punt is waarschijnlijk de meest bepalende factor. Mogelijke locaties zijn bv. i) in het champignongebied van Kerkdriel (dit ligt al redelijk centraal in Nederland), ii) in het champignongebied bij Horst, iii) ergens tussen die twee gebieden in of iv) dicht bij een afzetgebied. De hoeveelheid verse champost in Horst en omgeving schat AgriValid in op zo'n 400.000-500.000 ton. De beschikbaarheid van champost is volgens de transporteurs waarmee men heeft gesproken geen probleem. Er is voldoende voor een fosfaatextractie-installatie. Er moeten wel extra laad- en loskosten worden gerekend als men een fosfaatextractie-installatie in de keten plaatst.

AgriValid denkt ook na over twee varianten, n.l. centraal versus decentraal. De voorkeur heeft decentraal wat qua vergunningen beter lijkt. 25.000 ton lijkt vergunning technisch makkelijker dan 100.000 ton verse champost (de maximum omvang die men nu voor ogen heeft). Vanuit de techniek lijkt het juist beter om het grootschalig te doen. Daarom is het ook interessant te weten wat qua logistiek beter en reëel lijkt. Men denkt bij grotere installaties van 75.000-100.000 ton verse champost aan een gedeeld eigendom met champignonkwekers. Bij het opzetten van een grotere installatie van 100.000 ton heb je sneller het risico van onvoldoende aanvoer, en daarom is in dit geval een sterke binding nodig met de biomassaleveranciers om de levering te garanderen. Een grootschalige installatie bij een inzamelaar op een biomassawerf is dus niet mogelijk zonder participatie van de toeleverende kwekers. Bij een kleinere installatie van 25.000 ton in een gebied met voldoende opties voor toeleverende kwekers kan de eigenaar van de fosfaatextractie-installatie zelf het risico nemen van het regelen van voldoende aanvoer, zonder direct alle champignonkwekers aan zich te binden. Bv. vlak bij Kerkdriel zou men één grootschalige installatie voor alle 34 bedrijven kunnen neerzetten of 3-4 kleine installaties bij clusters van aantal (8-11) bedrijven.

7 Conclusies & aanbevelingen

7.1 Conclusies

Feedback uit de praktijk op het biomassawerf concept

De definitie van een biomassawerf “Een logistiek concept, waarbij verschillende soorten biomassa van aanbieders uit verschillende sectoren op een centrale plaats in een regio efficiënt worden verzameld en ter plaatse kunnen worden voorbereid tot een tussenproduct (biocommodity) voor de verwerkende industrie, en soms ook al meteen worden omgezet in een eindproduct.” wordt onderschreven door Bruins & Kwast.

In Nederland opereren al verschillende bedrijven als biomassawerf voor de verwerking en valorisatie van houtachtige reststromen, met als voorbeeld Bruins & Kwast. In de markt van biomassareststromen vraagt de verwerking en vermarkting om steeds grotere volumes. De toegevoegde waarde van een biomassawerf ligt vooral in het combineren van kleinschalige reststromen tot grotere volumes en de voorbereiding van deze reststromen tot componenten (intermediaire producten, zoals bv. houtchips) met een positieve marktwaarde. Succesvolle voorbereiding van grote volumes van reststromen zoals hout en champost op een biomassawerf vraagt om gespecialiseerde grootschalige verwerkingsunits die tegen lage operationele kosten kunnen produceren.

Aanbesteding door overheden en nutsbedrijven van de inzameling en verwerking van houtachtige- en groenstromen door middel van meerjarige contracten verhindert soms dat regionale organische stromen binnen de eigen regio kunnen worden afgezet. Dit leidt tot een toename van transport naar verwerkingslocaties buiten de regio.

Case houtige reststromen voor vezelboard productie

In de Greenport Gelderland komt jaarlijks voldoende houtige biomassa vrij voor een kleine vezelboard fabriek met een jaarcapaciteit van 10.000 - 20.000 ton. Uit de fruitteelt komt jaarlijks circa 27.500 ton vrij, en uit de laanboomteelt circa 11.500 ton, beide op droge stof basis. Het is overigens nog niet zeker of de biomassa ook daadwerkelijk beschikbaar komt voor afvoer richting vezelboardproductie. Dit hangt o.a. af van de bereidheid van fruitkwekers en laanboomtelers om hun houtige reststromen aan te bieden voor inzameling. Met name in de laanboomteelt is dit onzeker.

Het plaatsen van een biomassawerf in de inzamelingsketen van houtige reststromen biedt mogelijkheden om de logistieke kosten te verlagen: grootschalig chippen (verkleinen van houtige reststromen) op een biomassawerf van houtige reststromen (optie 2) t.b.v. verwerking tot

vezelboards geeft een logistiek kostenvoordeel t.o.v. chippen bij de bron en direct vervoeren naar de vezelboardplant (optie 1). De extra los- en laadkosten bij de biomassawerf van optie 2 worden ruim gecompenseerd door de lagere chipkosten. De transportkosten in de fruitteelt case zijn een fractie hoger bij optie 2 dan bij optie 1 (ongeveer 1%). De transportkosten in de laanboomteelt case verschillen sterker dan bij de fruitteeltcase. In dit geval zijn de transportkosten in optie 2 juist 19% lager dan in optie 1.

De totale logistieke kosten (chippen, laden en lossen & transport) van optie 2 zijn in de fruitteelt ongeveer 92 €/ton droge stof. Dit is ca 37,5% lager dan voor optie 1. In de laanboomteelt is dat voor optie 2 ongeveer 79 €/ton droge stof, ofwel ca 45% lager. Dus in alle gevallen is grootschalig chippen op een biomassawerf significant goedkoper namelijk ca. 35-45% lager, dan kleinschalig chippen direct bij de bron.

Een gevoeligheidsanalyse laat zien dat er invloed is van de startdichtheid van de biomassa op de logistieke kosten. Wanneer de startdichtheid van het verse uitgangsmateriaal toeneemt dalen de kosten zowel in optie 1 als in optie 2. Dit komt door de hogere beladingsgraad van de voertuigen en door de lagere chipkosten (die worden berekend per m³). Bij alle startdichtheden is optie 2 echter de goedkoopste optie omdat de chipkosten veel zwaarder wegen dan de transportkosten. Verder heeft het variëren van het vochtgehalte van de gedroogde biomassa (meer of minder drogen) invloed op de laadkosten op de biomassawerf en op de transportkosten: deze worden beide lager naarmate er meer wordt gedroogd.

Een biomassawerf levert dus voor de grootschalige verbewerking van laagwaardige reststromen zoals hout een significant kostenvoordeel op ten opzichte van decentrale verbewerking van deze stromen. Kleinschalige verbewerking van houtachtige reststromen bij de bron zal daarom naar verwachting in de toekomst worden vervangen door grootschalige verwerking op minder en centrale locaties.

Case champost en fosfaat-extractie

Verwerking van champost via fosfaatextractie kan toegevoegde waarde opleveren doordat fosfaat-arme champost gemakkelijker (dichter in de buurt) afgezet kan worden, waardoor de afzetkosten van deze reststroom lager kunnen zijn. De keuze om de champost uit de regio Kerkdriel (en uit andere gebieden) ofwel grootschalig en centraal te organiseren, ofwel kleinschalig en decentraal, wordt vooral bepaald door de (on)mogelijkheden om een vergunning te krijgen voor een dergelijke verwerkingsunit op een bepaalde locatie en door de hoogte van het investeringsrisico. Het laatste is vooral relevant bij investering in grootschalige verwerking, waarbij het verkrijgen van zekerheden omtrent de aanvoer van champost (logistiek) van groot belang is in de keuze van het bedrijfs- en investeringsmodel.

7.2 Aanbevelingen

De geschetste logistieke rekenmethode kan een belangrijke rol spelen bij het verder uitwerken van gedetailleerde business cases rond het daadwerkelijk realiseren van nieuwe biomassawerven in de Greenport Gelderland, bv. bij het uitwerken van de plannen rond het geplande ABC Opheusden.

De opgestarte case studies rond houtige reststromen uit de fruitteelt en laanbomenteelt zouden nog verder uitgewerkt moeten worden, waarbij verschillende vragen meegenomen kunnen worden, die nu nog zijn blijven liggen zoals:

- Zijn er nog andere potentiële afnemers denkbaar en welke eisen stellen die afnemers dan aan de kwaliteit, leveringsfrequentie, e.d. van de geleverde grondstoffen?
- Hoe kan de voorbewerking van verschillende soorten biomassareststromen worden gecombineerd op een biomassawerf?
- Zijn er andere locaties dan Duiven mogelijk voor de vezelboard fabriek, bv. op één van de andere biomassawerven (Geldermalsen of Opheusden) of geïntegreerd met andere (industriële) locaties zoals Parenco in Renkum of de GDF Suez locatie in Nijmegen?
- Wat is de invloed op de kosten van verschillende opslaglocaties (decentraal bij de bron, intermediair bij een biomassawerf of centraal bij de eindverwerking)?
- Op een biomassawerf zou men in plaats van houtchips ook biocommodities (bv. houtpellets, torrefactiepellets of pyrolyseolie) met een hogere waarde kunnen produceren. Een voordeel is bv. dat dan ook aan klanten op grotere afstand geleverd kan worden. Kan deze productie van biocommodities op een rendabele wijze plaatsvinden op een biomassawerf of zijn de verwerkings- en logistieke kosten dan te hoog?

De case studie rond fosfaat-extractie bij champost, waarbij nu voornamelijk een analyse gemaakt is van de huidige logistieke opzet, dient nog verder uitgewerkt te worden om de invloed van mogelijke locaties van de installatie op de logistieke kosten te kunnen beoordelen. De opzet van de logistieke berekening voor deze case is gelijk aan die voor de houtige reststromen.

Literatuur

Alakangas, E. & M. Virkkunen, 2007. Biomass fuel supply chains for solid biofuels. EUBIONET2 project (EIE/04/065/S07.38628), 32 pp.

Annevelink, E., J.B. van Gogh, M.J.A. van den Oever, J.E.G. van Dam & P.V. Bartels, 2014a. Mogelijkheden voor de implementatie van het biomassawerf concept in de Greenport Betuwse Bloem. Deel 2. Het biomassawerf concept: voorbeelden, theorie & checklist. Wageningen UR, Food & Biobased Research, Rapport, 1478, 57 pp.

Annevelink, E., H. de Groot, N. Shah, S. Giarola, M. Pantaleo, P. Anttila, M. Vis, R. te Raa, D. van den Berg, B. Gabrielle, D. Sanchez Gonzalez, D. García Galindo, E. López Hernandez, Š. Ščap, N. Krajnc, 2014b. Review of the main logistical components. S2BIOM project, Deliverable D3.1, 65 pp.

Annevelink, E., J.B. van Gogh, J.E.G. van Dam & P.V. Bartels, 2013. Mogelijkheden voor de implementatie van het biomassawerf concept in de Greenport Betuwse Bloem. Deel 1. Stakeholder analyse & biomassabeschikbaarheid. Wageningen UR, Food & Biobased Research, Rapport, 1416, 75 pp.

Boer, R. de, 2011. Biomassa in het Greenport Betuwse Bloem; De start van een ambitieus project. Rapport voor Platform Agrologistiek, 21 pp + bijlagen.

Bon, J. van & K. Meesters, 2014. Valorisatie Champost Betuwse Bloem; Evaluatie scenario's fosfaatextractie. Wageningen UR, Food & Biobased Research, Powerpoint presentatie, 26 pp.

Boomkwekers Opheusden, 2014. Ledenlijst op website www.boomkwekersopheusden.nl/bestuur+en+ledenlijst.html.

BRO, 2007. Haalbaarheidsstudie ABC Opheusden. Eindrapport, 23 pp.

Dam, J.E.G. van, E. Annevelink, B. van Gogh & M.J.A. van den Oever, 2014. Kansen voor de valorisatie van biomassareststromen in de Greenport Betuwse Bloem; Valorisatie cases. Wageningen UR, Food & Biobased Research, Rapport, 1438, 50 pp.

Fontein, R.J. & R. Kranendonk, 2010. Agro Business Centre (ABC) geeft de laanboomteelt in Opheusden een gezicht. Transform - Wageningen UR, rapport, 20 pp. (www.greenportbetuwsebloem.nl/download.asp?file=Rapportage+ABC+def.pdf)

Kamer van Koophandel Midden Nederland, 2013. Clusters in Kaart Betuwse Bloem.
http://prezi.com/embed/62dbf79464c59893659f09e0801736b7c1982524/?bgcolor=ffffff&lock_to_path=0&autoplay=no&autohide_ctrls=0&features=undefined&disabled_features=undefined

Maas, R. van der & K. Hooijmans, 2013. Valorisatie champost voor duurzamer bodembeheer, robuustere teeltsystemen en efficiënter fosfaatgebruik in de vollegrondstuinbouw. Projectplan Topsector Tuinbouw & Uitgangsmaterialen, 384, 12 pp.

Maas, R. van der & J. van Bon, 2014. Valorisatie champost; Het perspectief van fosfaat-extractie. WUR-PPO & WUR-FBR, Presentatie bij Praktijkmiddag 'Champost vanaf 2015', 6 pp.

Mierlo, L. van, 2014. Verantwoordingsplicht champignonbedrijven. Nederlandse Voedsel en Warenautoriteit, Ministerie van EZ, Presentatie bij Praktijkmiddag 'Champost vanaf 2015', 8 pp.

Oei, P. & G. Albert, 2008. Alternatieve toepassingen voor champost. Spore in opdracht van Productschap Tuinbouw, 35 pp.

Paddenstoelenpact, 2012. Samenwerken aan een gezonde groei Paddenstoelenpact. Brochure, 31 pp.

PPO, 2003. Een vergelijking van alternatieve afzetketens voor rooihout uit de fruitteelt. Projectidee PPO, ATO en IMAG.

Schmitz, M. & B. Lüttgens, 2014. Champosteinsatz in NRW; Was gilt – wie wird es gemacht – was kann kommen. Maschinenring Rheinland-West e.V. & Rheinischen Landwirtschafts-Verbandes e.V., Presentatie bij Praktijkmiddag 'Champost vanaf 2015', 21 pp.

Smits, A.P. & A.H.M.C. Baltissen, 2012. Voorstudie Kringloop ondernemen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit, Rapport, PPO nummer 3236087100, 31 pp.

Verhagen, G.J., 2014. Actuele situatie. Hofmans, Presentatie bij Praktijkmiddag 'Champost vanaf 2015', 6 pp.

Verkerk, H., 2014. Schets Nederlandse mestmarkt. Cumela Nederland, Presentatie bij Praktijkmiddag 'Champost vanaf 2015', 5 pp.

VWA, 2014. Website <https://www.vwa.nl/onderwerpen/plantenziekten-en-plagen/dossier/bacterievuur/bufferzones>.

Woodenergy, 2014. Wood as a fuel. <http://www.woodenergy.ie/woodasafuel>

Woodfuel Handbook, 2009.

<http://nube.biomassradecentres.eu/Deliverables/D21WoodFuelsHandbook/tabid/58/Default.aspx>

Dankbetuiging

De auteurs bedanken de volgende personen voor hun positieve inbreng bij het tot stand komen van dit rapport: de geconsulteerde vertegenwoordigers van bedrijven, de leveranciers van databestanden en de leden van de projectbegeleidingsgroep (zie Bijlage 5).

Verder dank aan het Ministerie van Economische Zaken voor het financieren van het onderzoek als onderdeel van het BO-programma Keteninnovaties Plantaardig (BO-21.03-001-002).

Bijlage 1. Berekeningsheet Fruitteelt

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	
1	Fruittelers (geclusterd naar BW)																						
2	Gegevens 2014 in ha per postcode in Gelderland																						
3																							
4	Hulp waarden																						
5	Gemiddelde hoeveelheid reststroom vers	10.70 ton vers/ha																					
6	Vochtpercentage vers	50 %																					
7	Dichtheid reststroom vers	200 kg/m3																					
8	Vochtpercentage na drogen BW	20 %	40-55																				
9	BW	6.69 ton/ha																					
10	Dichtheid reststroom bewerkt BW	350 kg/m3	250-350																				
11	Gem. reststroom droge stof (0% vocht)	5.35 ton ds/ha																					
12	Capaciteit vrachtwagen max gewicht	26.6 ton	332.5 grens	Capaciteit landbouwwagen ma:	21.4 ton	305.7 grens																	
13	Capaciteit vrachtwagen max volume	80 m3			Capaciteit landbouwwagen ma:	70 m3																	
14	Kosten vrachtwagen	1.63 €/km			Kosten landbouwwagen	1.54 €/km																	
15	Kosten grootschalig chippen	6.50 €/m3			Kosten kleinschalig chippen	13.5 €/m3																	
16	Kosten lossen & laden	1.89 €/ton																					
17	Afstand A naar C	62.4 km																					
18	Afstand B naar C	40.1 km																					
19																							
20		Plaats	Gemeente	Ha per postcode	A antal bedrijven	Dichtst bijzijnde BW	Afstand tot B&K Geldermalsen 4191 NK (A)	Afstand tot ABC Opheusden 4043 KG (B)	Afstand tot Board plant Duiven 6921 RH (C)	Transport gewicht vers (ton)	Chipkosten kleinschalig bij bron (€)	A antal ritten vers gechipped (gewicht limiet)	Transport kosten vers direct naar Duiven (€)	Chipkosten kleinschalig bij bron (€)	Transport kosten vers direct naar Duiven (€)	A antal ritten vers ongechipped (A+B) (volume limiet)	Transport kosten vers niet gechipped naar biomassawerf (A+B) (€)	Loskosten vers biomassawerf (A+B) (€)	Laadkosten droog biomassawerf (A+B) (€)	Chipkosten grootschalig op biomassawerf (A+B) (€)	Transport gewicht gedroogd-gechipt naar Duiven (A+B) (ton)	A antal ritten gedroogd-gechipt naar Duiven (A+B) (gewicht limiet)	Transport kosten biomassawerf naar Duiven (A+B) (€)
21	Geldermalsen	Geldermalsen	87.1	9	A	3.1	30.3	62.4	932	62,908	35	7,127				67	636	1,761	1,101	30,289	582	22	4,455
22	Est	Neerijnen	32.6	2	A	4.4	30.1	62.2	349	23,545	13	2,659				25	338	659	412	11,337	218	8	1,667
23	Meteren	Geldermalsen	62.6	6	A	5.2	31.8	63.8	670	45,213	25	5,237				48	766	1,266	791	21,769	419	16	3,202

...

...

... (zie volgende pagina)

... (zie vorige pagina)

...

...

106	Aerd	Rijnwaarde	5.3	2	C	80.6	56.4	16.9	57	3,828	2	117	3,828	117											
107	Herwen	Rijnwaarde	3.6	1	C	80.6	56.4	16.9	39	2,600	1	80	2,600	80											
108	Lobith	Rijnwaarde	12.8	1	C	83.6	59.4	19.9	137	9,245	5	334	9,245	334											
109	Pannerden	Rijnwaarde	7.0	1	C	83.8	59.6	20.1	75	5,056	3	185	5,056	185											
110	Tolkamer	Rijnwaarde	14.4	1	C	87.0	62.8	23.3	154	10,400	6	440	10,400	440											
111																									
112			ha	# bedr					gew vers	€ chip_kl	# rit	€ tr_vers	€ chip_kl	€ tr_vers	# rit	€ tr_vers	€ los	€ laad	€ chip_gr	gew drg	# rit	€ tr_drg			
113		Totaal	2,535	270					27,123	1,830,774	1,020	174,818	231,322	8,692	1,693	70,684	44,785	27,990	770,106	14,810	557	96,932			
114																									
115		Kosten Optie 1				Kosten Optie 2						Vershil	Percent												
116		Chippen kleinschalig	1,830,774			Chippen kleinschalig (C)		231,322																	
117						Chippen grootsch (A+B)		770,106	1,001,429			-829,345	-45.3												
118		Zonder laden/lossen				Lossen (A+B)		44,785																	
119						Laden (A+B)		27,990	72,775			72,775	100.0												
120		Transport vers (C)	8,692			Transport vers (C)		8,692																	
121		Transport vers (A+B)	166,126			Transport vers (A+B)		70,684																	
122				174,818		Transport droog (A+B)		96,932	176,308			1,490	0.9												
123		Totaal	2,005,592			Totaal	1,250,511	1,250,511			-755,080	-37.6													
124																									
125		Kosten per ton dm bezorgd				Kosten per ton dm bezorgd																			
126			147.89				92.21					-55.68	-37.6												

Bijlage 2. Berekeningsheet Boomteelt

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	Boomkwekers																						
2	Gegevens 2014 Boomkwekersvereniging Opheusden																						
3																							
4	Hulp waarden																						
5	Gemiddelde hoeveelheid reststroom vers		14.70 ton vers/ha																				
6	Vochtpercentage vers		50 %																				
7	Dichtheid reststroom vers		200 kg/m3																				
8	Vochtpercentage na drogen BW		40 %																				
9	BW		12.25 ton/ha																				
10	Dichtheid reststroom bewerkt BW		350 kg/m3																				
11	Gem. reststroom droge stof (0% vocht)		7.35 ton ds/ha																				
12	Capaciteit vrachtwagen max gewicht		26.6 ton																				
13	Capaciteit vrachtwagen max volume		80 m3																				
14	Kosten vrachtwagen		1.63 €/km																				
15	Kosten grootschalig chippen		6.50 €/m3																				
16	Kosten lossen & laden		1.89 €/ton																				
17	Afstand A naar C		62.4 km																				
18	Afstand B naar C		40.1 km																				
19																							
20	Postcode	Plaats	Gemeente	Ha per postcode	Aantal bedrijven	Dichtst zijzijnde BW	Afstand tot B&K Geldermalsen 4191 NK (A)	Afstand tot ABC Opheusden 4043 KG (B)	Afstand tot Board plant Duiven 6921 RH (C)	Transport gewicht vers (ton)	Chipkosten kleinschalig bij bron (€)	Aantal ritten vers gechipped (gewicht limiet)	Transport kosten vers direct naar Duiven (€)	Aantal ritten vers ongechipped (A+B) (volume limiet)	Transport kosten vers niet gechipped naar biomassaerf (A+B) (€)	Loskosten vers biomassaerf (A+B) (€)	Laadkosten droog biomassaerf (A+B) (€)	Chipkosten grootschalig op biomassaerf (A+B) (€)	Transport gewicht gedroogd-gechipt naar Duiven (A+B) (ton)	Aantal ritten gedroogd-gechipt naar Duiven (A+B) (gewicht limiet)	Transport kosten biomassaerf naar Duiven (A+B) (€)		
21	4031	Ingen	Buren	5.0	1	B	22.1	12.3	48.9	74	4.961	3	440	5	199	139	116	2.389	61	2	301		
22	4031	Ingen	Buren	5.0	1	B	20.8	16.0	52.6	74	4.961	3	474	5	259	139	116	2.389	61	2	301		
23	4032	Ommeren	Buren	10.0	1	B	22.1	12.2	48.8	147	9.923	6	879	11	395	278	232	4.778	123	5	602		

...

...

... (zie volgende pagina)

... (zie vorige pagina)

...

...

103	6669	Dodewaard	Nederbetu	25.0	1	B	29.6	3.1	38.5	368	24,806	14	1,734			26	251	695	579	11,944	306	12	1,505
104	6669	Dodewaard	Nederbetu	5.0	1	B	29.7	5.5	38.2	74	4,961	3	344			5	89	139	116	2,389	61	2	301
105	6669	Dodewaard	Nederbetu	30.0	1	B	29.9	2.6	38.7	441	29,768	17	2,092			32	252	833	695	14,333	368	14	1,806
106	6669	Dodewaard	Nederbetu	5.0	1	B	35.5	11.3	32.8	74	4,961	3	295			5	183	139	116	2,389	61	2	301
107																							
108				ha	# bedr					gew vers	€ chip_kl	# rit	€ tr_ vers	€ chip_kl	€ tr_ vers	# rit	€ tr_ vers	€ los	€ laad	€ chip_gr	gew drg	# rit	€ tr_ drg
109			Totaal	1,355	86					19,919	1,344,499	749	99,104	0	0	1,423	19,297	37,646	31,372	647,351	16,599	624	81,575
110																							
111							Kosten Optie 1																
112							Chippen kleinschalig	1,344,499			Chippen grootschalig	647,351											
113							Zonder laden/lossen	0			Lossen	37,646											
114											Laden	31,372	69,018										
115							Transport vers	99,104			Transport vers	19,297											
116											Transport droog	81,575	100,872										
117							Totaal	1,443,603			Totaal	817,241											
118																							
119							Kosten per ton dm bezorgd				Kosten per ton dm bezorgd												
120								144.95				82.06											
121																							

Bijlage 3. Resultaten gevoeligheidsanalyse Fruitteelt

A. Variatie vochtpercentage door langer drogen

50% naar 40% (dichtheid 200 naar 350 kg/m³)

Fruittelers (geclusterd naar BW)

Gegevens 2014 in ha per postcode in Gelderland

Hulp waarden

Gemiddelde hoeveelheid reststroom vers	10.70 ton vers/ha				
Vochtpercentage vers	50 %				
Dichtheid reststroom vers	200 kg/m ³				
Vochtpercentage na drogen BW	40 %	40-55			
BW	8.92 ton/ha				
Dichtheid reststroom bewerkt BW	350 kg/m ³	250-350			
Gem. reststroom droge stof (0% vocht)	5.35 ton ds/ha				
Capaciteit vrachtwagen max gewicht	26.6 ton	332.5 grens	Capaciteit landbouwwagen ma:	21.4 ton	305.7 grens
Capaciteit vrachtwagen max volume	80 m ³		Capaciteit landbouwwagen ma:	70 m ³	
Kosten vrachtwagen	1.63 €/km		Kosten landbouwwagen	1.54 €/km	
Kosten grootschalig chippen	6.50 €/m ³		Kosten kleinschalig chippen	13.5 €/m ³	
Kosten lossen & laden	1.89 €/ton				
Afstand A naar C	62.4 km				
Afstand B naar C	40.1 km				

Kosten Optie 1		Kosten Optie 2		Vershil	Percent
Chippen kleinschalig	1,830,774	Chippen kleinschalig (C)	231,322		
		Chippen grootsch (A+B)	770,106	1,001,429	-829,345 -45.3
Zonder laden/lossen		Lossen (A+B)	44,785		
		Laden (A+B)	37,321	82,105	82,105 100.0
Transport vers (C)	8,692	Transport vers (C)	8,692		
Transport vers (A+B)	166,126	Transport vers (A+B)	70,684		
		Transport droog (A+B)	129,242	208,618	33,800 19.3
	174,818				
Totaal	2,005,592	Totaal	1,292,152	1,292,152	-713,440 -35.6
Kosten per ton dm bezorgd	147.89	Kosten per ton dm bezorgd	95.28		-52.61 -35.6

50% naar 30% (dichtheid 200 naar 350 kg/m³)

Fruittelers (geclusterd naar BW)

Gegevens 2014 in ha per postcode in Gelderland

Hulp waarden

Gemiddelde hoeveelheid reststroom vers	10.70 ton vers/ha				
Vochtpercentage vers	50 %				
Dichtheid reststroom vers	200 kg/m ³				
Vochtpercentage na drogen BW	30 %	40-55			
BW	7.64 ton/ha				
Dichtheid reststroom bewerkt BW	350 kg/m ³	250-350			
Gem. reststroom droge stof (0% vocht)	5.35 ton ds/ha				
Capaciteit vrachtwagen max gewicht	26.6 ton	332.5 grens	Capaciteit landbouwwagen ma:	21.4 ton	305.7 grens
Capaciteit vrachtwagen max volume	80 m ³		Capaciteit landbouwwagen ma:	70 m ³	
Kosten vrachtwagen	1.63 €/km		Kosten landbouwwagen	1.54 €/km	
Kosten grootschalig chippen	6.50 €/m ³		Kosten kleinschalig chippen	13.5 €/m ³	
Kosten lossen & laden	1.89 €/ton				
Afstand A naar C	62.4 km				
Afstand B naar C	40.1 km				

Kosten Optie 1		Kosten Optie 2		Vershil	Percent
Chippen kleinschalig	1,830,774	Chippen kleinschalig (C)	231,322		
		Chippen grootsch (A+B)	770,106	1,001,429	-829,345 -45.3
Zonder laden/lossen		Lossen (A+B)	44,785		
		Laden (A+B)	31,989	76,774	76,774 100.0
Transport vers (C)	8,692	Transport vers (C)	8,692		
Transport vers (A+B)	166,126	Transport vers (A+B)	70,684		
		Transport droog (A+B)	110,779	190,155	15,337 8.8
	174,818				
Totaal	2,005,592	Totaal	1,268,357	1,268,357	-737,234 -36.8
Kosten per ton dm bezorgd	147.89	Kosten per ton dm bezorgd	93.53		-54.36 -36.8

50% naar 20% (dichtheid 200 naar 350 kg/m³)

Fruittelers (geclusterd naar BW)

Gegevens 2014 in ha per postcode in Gelderland

Hulp waarden

Gemiddelde hoeveelheid reststroom vers	10.70 ton vers/ha				
Vochtpercentage vers	50 %				
Dichtheid reststroom vers	200 kg/m ³				
Vochtpercentage na drogen BW	20 %	40-55			
BW	6.69 ton/ha				
Dichtheid reststroom bewerkt BW	350 kg/m ³	250-350			
Gem. reststroom droge stof (0% vocht)	5.35 ton ds/ha				
Capaciteit vrachtwagen max gewicht	26.6 ton	332.5 grens	Capaciteit landbouwwagen ma:	21.4 ton	305.7 grens
Capaciteit vrachtwagen max volume	80 m ³		Capaciteit landbouwwagen ma:	70 m ³	
Kosten vrachtwagen	1.63 €/km		Kosten landbouwwagen	1.54 €/km	
Kosten grootschalig chippen	6.50 €/m ³		Kosten kleinschalig chippen	13.5 €/m ³	
Kosten lossen & laden	1.89 €/ton				
Afstand A naar C	62.4 km				
Afstand B naar C	40.1 km				

Kosten Optie 1		Kosten Optie 2		Vershil	Percent
Chippen kleinschalig	1,830,774	Chippen kleinschalig (C)	231,322		
		Chippen grootsch (A+B)	770,106	1,001,429	-829,345 -45.3
Zonder laden/lossen		Lossen (A+B)	44,785		
		Laden (A+B)	27,990	72,775	72,775 100.0
Transport vers (C)	8,692	Transport vers (C)	8,692		
Transport vers (A+B)	166,126	Transport vers (A+B)	70,684		
		Transport droog (A+B)	96,932	176,308	1,490 0.9
Totaal	2,005,592	Totaal	1,250,511	1,250,511	-755,080 -37.6
Kosten per ton dm bezorgd	147.89	Kosten per ton dm bezorgd	92.21		-55.68 -37.6

B. Variatie dichtheid

dichtheid 150 naar 350 kg/m³ (vochtgehalte 50% naar 20%)

Fruittelers (geclusterd naar BW)

Gegevens 2014 in ha per postcode in Gelderland

Hulp waarden

Gemiddelde hoeveelheid reststroom vers	10.70 ton vers/ha				
Vochtpercentage vers	50 %				
Dichtheid reststroom vers	150 kg/m ³				
Vochtpercentage na drogen BW	20 %	40-55			
BW	6.69 ton/ha				
Dichtheid reststroom bewerkt BW	350 kg/m ³	250-350			
Gem. reststroom droge stof (0% vocht)	5.35 ton ds/ha				
Capaciteit vrachtwagen max gewicht	26.6 ton	332.5 grens	Capaciteit landbouwwagen ma:	21.4 ton	305.7 grens
Capaciteit vrachtwagen max volume	80 m ³		Capaciteit landbouwwagen ma:	70 m ³	
Kosten vrachtwagen	1.63 €/km		Kosten landbouwwagen	1.54 €/km	
Kosten grootschalig chippen	6.50 €/m ³		Kosten kleinschalig chippen	13.5 €/m ³	
Kosten lossen & laden	1.89 €/ton				
Afstand A naar C	62.4 km				
Afstand B naar C	40.1 km				

Kosten Optie 1		Kosten Optie 2		Vershil	Percent
Chippen kleinschalig	2,441,032	Chippen kleinschalig (C)	308,430		
		Chippen grootsch (A+B)	1,026,808	1,335,238	-1,105,794 -45.3
Zonder laden/lossen		Lossen (A+B)	44,785		
		Laden (A+B)	27,990	72,775	72,775 100.0
Transport vers (C)	8,692	Transport vers (C)	8,692		
Transport vers (A+B)	166,126	Transport vers (A+B)	94,245		
		Transport droog (A+B)	96,932	199,869	25,051 14.3
Totaal	2,615,849	Totaal	1,607,882	1,607,882	-1,007,968 -38.5
Kosten per ton dm bezorgd	192.89	Kosten per ton dm bezorgd	118.56		-74.33 -38.5

dichtheid 200 naar 350 kg/m³ (vochtgehalte 50% naar 20%)

Fruittelers (geclusterd naar BW)

Gegevens 2014 in ha per postcode in Gelderland

Hulp waarden

Gemiddelde hoeveelheid reststroom vers	10.70 ton vers/ha				
Vochtpercentage vers	50 %				
Dichtheid reststroom vers	200 kg/m ³				
Vochtpercentage na drogen BW	20 %	40-55			
BW	6.69 ton/ha				
Dichtheid reststroom bewerkt BW	350 kg/m ³	250-350			
Gem. reststroom droge stof (0% vocht)	5.35 ton ds/ha				
Capaciteit vrachtwagen max gewicht	26.6 ton	332.5 grens	Capaciteit landbouwwagen ma:	21.4 ton	305.7 grens
Capaciteit vrachtwagen max volume	80 m ³		Capaciteit landbouwwagen ma:	70 m ³	
Kosten vrachtwagen	1.63 €/km		Kosten landbouwwagen	1.54 €/km	
Kosten grootschalig chippen	6.50 €/m ³		Kosten kleinschalig chippen	13.5 €/m ³	
Kosten lossen & laden	1.89 €/ton				
Afstand A naar C	62.4 km				
Afstand B naar C	40.1 km				

Kosten Optie 1		Kosten Optie 2		Vershil	Percent
Chippen kleinschalig	1,830,774	Chippen kleinschalig (C)	231,322		
		Chippen grootsch (A+B)	770,106	1,001,429	-829,345 -45.3
Zonder laden/lossen		Lossen (A+B)	44,785		
		Laden (A+B)	27,990	72,775	72,775 100.0
Transport vers (C)	8,692	Transport vers (C)	8,692		
Transport vers (A+B)	166,126	Transport vers (A+B)	70,684		
		Transport droog (A+B)	96,932	176,308	1,490 0.9
Totaal	2,005,592	Totaal	1,250,511	1,250,511	-755,080 -37.6
Kosten per ton dm bezorgd	147.89	Kosten per ton dm bezorgd	92.21		-55.68 -37.6

dichtheid 250 naar 350 kg/m³ (vochtgehalte 50% naar 20%)

Fruittelers (geclusterd naar BW)

Gegevens 2014 in ha per postcode in Gelderland

Hulp waarden

Gemiddelde hoeveelheid reststroom vers	10.70 ton vers/ha				
Vochtpercentage vers	50 %				
Dichtheid reststroom vers	250 kg/m ³				
Vochtpercentage na drogen BW	20 %	40-55			
BW	6.69 ton/ha				
Dichtheid reststroom bewerkt BW	350 kg/m ³	250-350			
Gem. reststroom droge stof (0% vocht)	5.35 ton ds/ha				
Capaciteit vrachtwagen max gewicht	26.6 ton	332.5 grens	Capaciteit landbouwwagen ma:	21.4 ton	305.7 grens
Capaciteit vrachtwagen max volume	80 m ³		Capaciteit landbouwwagen ma:	70 m ³	
Kosten vrachtwagen	1.63 €/km		Kosten landbouwwagen	1.54 €/km	
Kosten grootschalig chippen	6.50 €/m ³		Kosten kleinschalig chippen	13.5 €/m ³	
Kosten lossen & laden	1.89 €/ton				
Afstand A naar C	62.4 km				
Afstand B naar C	40.1 km				

Kosten Optie 1		Kosten Optie 2		Vershil	Percent
Chippen kleinschalig	1,464,619	Chippen kleinschalig (C)	185,058		
		Chippen grootsch (A+B)	616,085	801,143	-663,476 -45.3
Zonder laden/lossen		Lossen (A+B)	44,785		
		Laden (A+B)	27,990	72,775	72,775 100.0
Transport vers (C)	8,692	Transport vers (C)	8,692		
Transport vers (A+B)	166,126	Transport vers (A+B)	56,547		
		Transport droog (A+B)	96,932	162,171	-12,647 -7.2
Totaal	1,639,437	Totaal	1,036,089	1,036,089	-603,348 -36.8
Kosten per ton dm bezorgd	120.89	Kosten per ton dm bezorgd	76.40		-44.49 -36.8

dichtheid 300 naar 350 kg/m³ (vochtgehalte 50% naar 20%)

Fruittelers (geclusterd naar BW)

Gegevens 2014 in ha per postcode in Gelderland

Hulp waarden

Gemiddelde hoeveelheid reststroom vers	10.70 ton vers/ha				
Vochtpercentage vers	50 %				
Dichtheid reststroom vers	300 kg/m ³				
Vochtpercentage na drogen BW	20 %	40-55			
BW	6.69 ton/ha				
Dichtheid reststroom bewerkt BW	350 kg/m ³	250-350			
Gem. reststroom droge stof (0% vocht)	5.35 ton ds/ha				
Capaciteit vrachtwagen max gewicht	26.6 ton	332.5 grens	Capaciteit landbouwwagen ma:	21.4 ton	305.7 grens
Capaciteit vrachtwagen max volume	80 m ³		Capaciteit landbouwwagen ma:	70 m ³	
Kosten vrachtwagen	1.63 €/km		Kosten landbouwwagen	1.54 €/km	
Kosten grootschalig chippen	6.50 €/m ³		Kosten kleinschalig chippen	13.5 €/m ³	
Kosten lossen & laden	1.89 €/ton				
Afstand A naar C	62.4 km				
Afstand B naar C	40.1 km				

Kosten Optie 1		Kosten Optie 2		Vershil	Percent
Chippen kleinschalig	1,220,516	Chippen kleinschalig (C)	154,215		
		Chippen grootschalig (A+B)	513,404	667,619	-552,897 -45.3
Zonder laden/lossen		Lossen (A+B)	44,785		
		Laden (A+B)	27,990	72,775	72,775 100.0
Transport vers (C)	8,692	Transport vers (C)	8,692		
Transport vers (A+B)	166,126	Transport vers (A+B)	47,123		
		Transport droog (A+B)	96,932	152,746	-22,072 -12.6
Totaal	1,395,334	Totaal	893,140	893,140	-502,193 -36.0
Kosten per ton dm bezorgd		Kosten per ton dm bezorgd			
	102.89		65.86		-37.03 -36.0

Bijlage 4. Resultaten gevoeligheidsanalyse Boomteelt

A. Variatie vochtpercentage door langer drogen

50% naar 40% (dichtheid 200 naar 350 kg/m³)

Boomkwekers					
Gegevens 2014 Boomkwekersvereniging Opheusden					
Hulp waarden					
Gemiddelde hoeveelheid reststroom vers	14.70 ton vers/ha				
Vochtpercentage vers	50 %				
Dichtheid reststroom vers	200 kg/m ³				
Vochtpercentage na drogen BW	40 %	40-55			
BW	12.25 ton/ha				
Dichtheid reststroom bewerkt BW	350 kg/m ³		250-350		
Gem. reststroom droge stof (0% vocht)	7.35 ton ds/ha				
Capaciteit vrachtwagen max gewicht	26.6 ton	332.5 grens	Capaciteit landbouwwagen ma:	21.4 ton	305.7 grens
Capaciteit vrachtwagen max volume	80 m ³		Capaciteit landbouwwagen ma:	70 m ³	
Kosten vrachtwagen	1.63 €/km		Kosten landbouwwagen	1.54 €/km	
Kosten grootschalig chippen	6.50 €/m ³		Kosten kleinschalig chippen	13.5 €/m ³	
Kosten lossen & laden	1.89 €/ton				
Afstand A naar C	62.4 km				
Afstand B naar C	40.1 km				
Kosten Optie 1		Kosten Optie 2		Vershil	Percent
Chippen kleinschalig	1,344,499	Chippen grootschalig	647,351	-697,148	-51.9
Zonder laden/lossen	0	Lossen	37,646		
		Laden	31,372	69,018	100.0
Transport vers	99,104	Transport vers	19,297		
		Transport droog	81,575	100,872	1.8
Totaal	1,443,603	Totaal	817,241	-626,362	-43.4
Kosten per ton dm bezorgd	144.95	Kosten per ton dm bezorgd	82.06	-62.89	-43.4

50% naar 30% (dichtheid 200 naar 350 kg/m³)

Boomkwekers					
Gegevens 2014 Boomkwekersvereniging Opheusden					
Hulp waarden					
Gemiddelde hoeveelheid reststroom vers	14.70 ton vers/ha				
Vochtpercentage vers	50 %				
Dichtheid reststroom vers	200 kg/m ³				
Vochtpercentage na drogen BW	30 %	40-55			
BW	10.50 ton/ha				
Dichtheid reststroom bewerkt BW	350 kg/m ³		250-350		
Gem. reststroom droge stof (0% vocht)	7.35 ton ds/ha				
Capaciteit vrachtwagen max gewicht	26.6 ton	332.5 grens	Capaciteit landbouwwagen ma:	21.4 ton	305.7 grens
Capaciteit vrachtwagen max volume	80 m ³		Capaciteit landbouwwagen ma:	70 m ³	
Kosten vrachtwagen	1.63 €/km		Kosten landbouwwagen	1.54 €/km	
Kosten grootschalig chippen	6.50 €/m ³		Kosten kleinschalig chippen	13.5 €/m ³	
Kosten lossen & laden	1.89 €/ton				
Afstand A naar C	62.4 km				
Afstand B naar C	40.1 km				
Kosten Optie 1		Kosten Optie 2		Vershil	Percent
Chippen kleinschalig	1,344,499	Chippen grootschalig	647,351	-697,148	-51.9
Zonder laden/lossen	0	Lossen	37,646		
		Laden	26,890	64,536	100.0
Transport vers	99,104	Transport vers	19,297		
		Transport droog	69,921	89,219	-9,886
Totaal	1,443,603	Totaal	801,106	-642,497	-44.5
Kosten per ton dm bezorgd	144.95	Kosten per ton dm bezorgd	80.44	-64.51	-44.5

50% naar 20% (dichtheid 200 naar 350 kg/m³)

Boomkwekers					
Gegevens 2014 Boomkwekersvereniging Opheusden					
Hulp waarden					
Gemiddelde hoeveelheid reststroom vers	14.70 ton vers/ha				
Vochtpercentage vers	50 %				
Dichtheid reststroom vers	200 kg/m ³				
Vochtpercentage na drogen BW	20 %	40-55			
BW	9.19 ton/ha				
Dichtheid reststroom bewerkt BW	350 kg/m ³	250-350			
Gem. reststroom droge stof (0% vocht)	7.35 ton ds/ha				
Capaciteit vrachtwagen max gewicht	26.6 ton	332.5 grens	Capaciteit landbouwwagen ma:	21.4 ton	305.7 grens
Capaciteit vrachtwagen max volume	80 m ³		Capaciteit landbouwwagen ma:	70 m ³	
Kosten vrachtwagen	1.63 €/km		Kosten landbouwwagen	1.54 €/km	
Kosten grootschalig chippen	6.50 €/m ³		Kosten kleinschalig chippen	13.5 €/m ³	
Kosten lossen & laden	1.89 €/ton				
Afstand A naar C	62.4 km				
Afstand B naar C	40.1 km				
Kosten Optie 1		Kosten Optie 2		Verschil	Percent
Chippen kleinschalig	1,344,499	Chippen grootschalig	647,351	-697,148	-51.9
Zonder laden/lossen	0	Lossen	37,646		
		Laden	23,529	61,175	100.0
Transport vers	99,104	Transport vers	19,297		
		Transport droog	61,181	80,479	-18.8
Totaal	1,443,603	Totaal	789,004	-654,599	-45.3
Kosten per ton dm bezorgd	144.95	Kosten per ton dm bezorgd	79.22	-65.73	-45.3

B. Variatie dichtheid

dichtheid 150 naar 350 kg/m³ (vochtgehalte 50% naar 20%)

Boomkwekers					
Gegevens 2014 Boomkwekersvereniging Opheusden					
Hulp waarden					
Gemiddelde hoeveelheid reststroom vers	14.70 ton vers/ha				
Vochtpercentage vers	50 %				
Dichtheid reststroom vers	150 kg/m ³				
Vochtpercentage na drogen BW	20 %	40-55			
BW	9.19 ton/ha				
Dichtheid reststroom bewerkt BW	350 kg/m ³	250-350			
Gem. reststroom droge stof (0% vocht)	7.35 ton ds/ha				
Capaciteit vrachtwagen max gewicht	26.6 ton	332.5 grens	Capaciteit landbouwwagen ma:	21.4 ton	305.7 grens
Capaciteit vrachtwagen max volume	80 m ³		Capaciteit landbouwwagen ma:	70 m ³	
Kosten vrachtwagen	1.63 €/km		Kosten landbouwwagen	1.54 €/km	
Kosten grootschalig chippen	6.50 €/m ³		Kosten kleinschalig chippen	13.5 €/m ³	
Kosten lossen & laden	1.89 €/ton				
Afstand A naar C	62.4 km				
Afstand B naar C	40.1 km				
Kosten Optie 1		Kosten Optie 2		Verschil	Percent
Chippen kleinschalig	1,792,665	Chippen grootschalig	863,135	-929,530	-51.9
Zonder laden/lossen	0	Lossen	37,646		
		Laden	23,529	61,175	100.0
Transport vers	99,104	Transport vers	25,730		
		Transport droog	61,181	86,911	-12.3
Totaal	1,891,769	Totaal	1,011,221	-880,549	-46.5
Kosten per ton dm bezorgd	189.95	Kosten per ton dm bezorgd	101.54	-88.42	-46.5

dichtheid 200 naar 350 kg/m³ (vochtgehalte 50% naar 20%)

Boomkwekers					
Gegevens 2014 Boomkwekersvereniging Opheusden					
Hulp waarden					
Gemiddelde hoeveelheid reststroom vers	14.70 ton vers/ha				
Vochtpercentage vers	50 %				
Dichtheid reststroom vers	200 kg/m ³				
Vochtpercentage na drogen BW	20 %	40-55			
BW	9.19 ton/ha				
Dichtheid reststroom bewerkt BW	350 kg/m ³	250-350			
Gem. reststroom droge stof (0% vocht)	7.35 ton ds/ha				
Capaciteit vrachtwagen max gewicht	26.6 ton	332.5 grens	Capaciteit landbouwwagen ma:	21.4 ton	305.7 grens
Capaciteit vrachtwagen max volume	80 m ³		Capaciteit landbouwwagen ma:	70 m ³	
Kosten vrachtwagen	1.63 €/km		Kosten landbouwwagen	1.54 €/km	
Kosten grootschalig chippen	6.50 €/m ³		Kosten kleinschalig chippen	13.5 €/m ³	
Kosten lossen & laden	1.89 €/ton				
Afstand A naar C	62.4 km				
Afstand B naar C	40.1 km				
Kosten Optie 1		Kosten Optie 2		Vershil	Percent
Chippen kleinschalig	1,344,499	Chippen grootschalig	647,351	-697,148	-51.9
Zonder laden/lossen	0	Lossen	37,646		
		Laden	23,529	61,175	100.0
Transport vers	99,104	Transport vers	19,297		
		Transport droog	61,181	80,479	-18.8
Totaal	1,443,603	Totaal	789,004	-654,599	-45.3
Kosten per ton dm bezorgd	144.95	Kosten per ton dm bezorgd	79.22	-65.73	-45.3

dichtheid 250 naar 350 kg/m³ (vochtgehalte 50% naar 20%)

Boomkwekers					
Gegevens 2014 Boomkwekersvereniging Opheusden					
Hulp waarden					
Gemiddelde hoeveelheid reststroom vers	14.70 ton vers/ha				
Vochtpercentage vers	50 %				
Dichtheid reststroom vers	250 kg/m ³				
Vochtpercentage na drogen BW	20 %	40-55			
BW	9.19 ton/ha				
Dichtheid reststroom bewerkt BW	350 kg/m ³	250-350			
Gem. reststroom droge stof (0% vocht)	7.35 ton ds/ha				
Capaciteit vrachtwagen max gewicht	26.6 ton	332.5 grens	Capaciteit landbouwwagen ma:	21.4 ton	305.7 grens
Capaciteit vrachtwagen max volume	80 m ³		Capaciteit landbouwwagen ma:	70 m ³	
Kosten vrachtwagen	1.63 €/km		Kosten landbouwwagen	1.54 €/km	
Kosten grootschalig chippen	6.50 €/m ³		Kosten kleinschalig chippen	13.5 €/m ³	
Kosten lossen & laden	1.89 €/ton				
Afstand A naar C	62.4 km				
Afstand B naar C	40.1 km				
Kosten Optie 1		Kosten Optie 2		Vershil	Percent
Chippen kleinschalig	1,075,599	Chippen grootschalig	517,881	-557,718	-51.9
Zonder laden/lossen	0	Lossen	37,646		
		Laden	23,529	61,175	100.0
Transport vers	99,104	Transport vers	15,438		
		Transport droog	61,181	76,619	-22.7
Totaal	1,174,703	Totaal	655,675	-519,029	-44.2
Kosten per ton dm bezorgd	117.95	Kosten per ton dm bezorgd	65.84	-52.12	-44.2

dichtheid 300 naar 350 kg/m³ (vochtgehalte 50% naar 20%)

Boomkwekers

Gegevens 2014 Boomkwekersvereniging Opheusden

Hulp waarden

Gemiddelde hoeveelheid reststroom vers	14.70 ton vers/ha				
Vochtpercentage vers	50 %				
Dichtheid reststroom vers	300 kg/m ³				
Vochtpercentage na drogen BW	20 %	40-55			
BW	9.19 ton/ha				
Dichtheid reststroom bewerkt BW	350 kg/m ³	250-350			
Gem. reststroom droge stof (0% vocht)	7.35 ton ds/ha				
Capaciteit vrachtwagen max gewicht	26.6 ton	332.5 grens	Capaciteit landbouwwagen ma:	21.4 ton	305.7 grens
Capaciteit vrachtwagen max volume	80 m ³		Capaciteit landbouwwagen ma:	70 m ³	
Kosten vrachtwagen	1.63 €/km		Kosten landbouwwagen	1.54 €/km	
Kosten grootschalig chippen	6.50 €/m ³		Kosten kleinschalig chippen	13.5 €/m ³	
Kosten lossen & laden	1.89 €/ton				
Afstand A naar C	62.4 km				
Afstand B naar C	40.1 km				

Kosten Optie 1		Kosten Optie 2		Verschil	Percent
Chippen kleinschalig	896,333	Chippen grootschalig	431,568	-464,765	-51.9
Zonder laden/lossen	0	Lossen	37,646		
		Laden	23,529	61,175	100.0
Transport vers	99,104	Transport vers	12,865		
		Transport droog	61,181	74,046	-25.058
					-25.3
Totaal	995,437	Totaal	566,788	-428,649	-43.1
Kosten per ton dm bezorgd		Kosten per ton dm bezorgd			
	99.95		56.91	-43.04	-43.1

Bijlage 5. Geraadpleegde personen

Naam	Organisatie
Jeroen van Bon	Wageningen UR - Food & Biobased Research
Jaap Breugem	Rabobank Bommelerwaard
Waldo Chotkoe	Ecoboards
Frank Engelbart	Fruitpact
Richard van Es	ABC Board Company
Theo Hendriks	Hofmans
Martijn van Herwaarden	Martijn van Herwaarden Paddenstoelteelt
Ko Hooijmans	ZLTO
Bernadette Janssen	Provincie Gelderland
Theo Jonker	Boomkwekersvereniging Opheusden
Wils Kloos	Ontwikkelingsmaatschappij Oost Nederland NV
Siep Koning	Nederlandse Fruittelers Organisatie (NFO)
Rien van der Maas	Wageningen UR - PPO Fruit
Rudi de Mol	Wageningen UR - Livestock Research
Sven Mommers	AgriValid
Arjan Stello	AK Champignons
Theo van Utrecht	Gebr. Van Herwijnen B.V.
Jos Vermeulen	Prochamp
Henk Vink	Bruins & Kwast