

Eindrapport

Transformatie van landschapshout naar warmte en grondstoffen voor de biobased economy



Augustus 2017

Inhoud

| | |
|--|----|
| 1. Gegevens project | 3 |
| 2. Samenvatting | 4 |
| 3. Inleiding | 6 |
| 4. Doelstelling | 8 |
| 5. Aanpak en werkwijze | 10 |
| 6. Resultaten | 17 |
| 6.1 Project | 17 |
| 6.2 Mogelijkheden voor spin off en vervolgactiviteiten | 17 |
| 7. Discussie | 18 |
| 8. Conclusies en aanbevelingen | 21 |

1. Gegevens project

Projectnummer: TEBE314008

Projecttitel: 'Transformatie van landschapshout naar warmte en grondstoffen voor de biobased economy'

Penvoerder en medeaanvragers: Groenrecycling-Twente b.v. (penvoerder)
Gelderse Reststoffen Recycling b.v. (deelnemer)
Heatplus b.v. (deelnemer)
BTG Biomass Technology Group b.v. (deelnemer)
Energiehout b.v. (deelnemer)

Projectperiode: 15 oktober 2014 tot en met 15 april 2017

Contactgegevens: Bruins & Kwast
Dhr. H. Kwast
Haven 14, 7471 LV Goor
Postbus 10, 7470 AA Goor
088-1701800
info@bkgroen.nl

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

2. Samenvatting

De potentiële beschikbaarheid van biomassa is veelal bekend en er zijn vele haalbaarheidsstudies naar beschikbaarheid van biomassa in specifieke gebieden uitgevoerd. Tot op heden is echter een belangrijk deel van de keten onderbelicht gebleven: er is onvoldoende zicht op de benodigde (technische) logistiek voor een efficiënte en duurzame oogst, bundeling, verwerking, opslag en transport van houtige biomassa uit de verschillende terreintypen (bos, landschappelijke beplantingen, grienden, uiterwaarden, etc.).

Tegen deze achtergrond heeft het consortium van Groenrecycling-Twente, Gelderse Reststoffen Recycling, BTG Biomass Technology Group, Heatplus en Energiehout een nieuw concept uitgewerkt om enerzijds kosteneffectief gedroogde houtchips te produceren en anderzijds meer en hoogwaardigere biomassa stromen te produceren van biomassa afkomstig van bos- en landschapsonderhoud.

Het hoofddoel van dit project was om een nieuwe biomassa keten te demonstreren van landschapshout naar de productie van pyrolyse olie en van warmteproductie in decentrale biomassa gestookte ketels.

Om de doelstellingen te bereiken is een nieuwe keten van inzameling, logistiek en bewerking van de houtige biomassastromen tot en met de inzet van groenstromen voor pyrolyse olie productie en voor warmteproductie in kleinschalige ketels tot 1 MWth opgezet.

Het project heeft de volgende resultaten opgeleverd:

1. Operationeel centrum op het bedrijventerrein Roelofshoeve in Duiven voor opwerking van 100.000 m³/jaar integraal aangeleverde houtige reststromen uit landschaps- en bosonderhoud;
2. Demonstratie van een nieuwe keten van integraal houtige reststromen naar warmte productie in decentrale ketels;
3. In de praktijk bewezen nieuwe techniek voor het produceren van verschillende klassen homogene, gedroogde chips uit houtige groenstromen;
4. Inzicht in de toepassingsmogelijkheden om uit landschapshout pyrolyse olie en waardevolle bijproducten te maken;
5. Bevorderen van het toepassen van houtchips door constante hoge kwaliteit en continuïteit te leveren;
6. Marktintroductie van opgewerkte biomassa producten en uitzicht op verdere uitrol van het concept.

In dit project zijn 4 nieuwe innovatieve ontwikkelingen gerealiseerd:

1. Fractioneren; de zeeftechniek incl. interne logistiek. De swingzeef techniek kent z'n oorsprong in andere toepassingen, en is aangepast voor het zeven van houtchips.
2. Drogen; voor het drogen van houtchips zijn enkele systemen op de markt. Met name in Duitsland zijn diverse droogtechnieken bekend. Groenrecycling-Twente en Gelderse Reststoffen Recycling – 100% onderdeel van de Bruins & Kwast groep – hebben gekozen voor een op maat gemaakt systeem gekenmerkt door maximale energie efficiëntie en doorzet product.

3. Het logistieke distributie systeem. Bruins & Kwast levert een hoogwaardig product voor kleinschalige ketels als alternatief voor houtpellets en basis houtsnippers. Middels een signaleringssysteem in de voorraadbunker kan B&K vanuit haar planning reageren zonder dat de klant handelingen hoeft te verrichten. De hoogwaardige kwaliteit van het product zorgt voor stabiele verbranding en een betrouwbare bedrijfsvoering.
4. Pyrolyse van de kleine fractie van landschapshout en valorisatie van de toplaag van de olie voor hoogwaardige chemische producten.

Op basis van het uitgevoerde werk zijn een aantal belangrijke conclusies te trekken:

- Er is in dit project een nieuwe keten van landschapshout naar meerdere biomassa producten op praktijkschaal gedemonstreerd. Deze producten betreffen een hoogwaardige houtsnipper uit lokaal geogst hout, die houtpellets kan vervangen, en een aantal kleine houtfracties waarmee o.a. veen in potgrond kan worden vervangen.
- Doordat alle deelstromen van het landschapshout worden benut, wordt het mogelijk om in steeds meer gemeenten landschapsonderhoud te gaan doen. Ook met eigenaren van cultuurlandschappen zoals houtwallen en hakhout percelen wordt getracht deze waardevolle objecten voor de toekomst te behouden en verbetering van de biodiversiteit te bewerkstelligen.
- De met het project gerealiseerde keten van landschapshout naar meerdere biomassa producten is dusdanig succesvol dat verdere uitrol van de verwerkingscapaciteit van landschapshout reeds is ingezet.
- De kleine klasse landschapshout welke uit de voorbereiding vrij komt, is eveneens geschikt voor de productie van pyrolyse olie. Deze pyrolyse olie bevat zoals verwacht een toplaag rijk aan extractives.
- De toplaag kan effectief van de pyrolyse olie gescheiden worden via vloeistof-vloeistof extractie met een apolaire extractant. Fysische scheidingsmethoden zijn minder efficiënt.
- Scheiding van de extractives levert een goede kwaliteit pyrolyse olie op. In vergelijking met de pyrolyse van schoon hout is de olie opbrengst echter lager. Hierbij dient opgemerkt te worden dat er nog ruimte is voor verdere optimalisatie.
- De extractives uit de pyrolyse olie kunnen in potentie gebruikt worden als grondstof voor biobased producten.
- Daarnaast is het via hydrogenering mogelijk de extractives om te zetten tot een mengsel van koolwaterstoffen, die na scheiding benzine / kerosine / diesel producten opleveren.

Het oogsten van biomassa uit landschappen, waaronder houtwallen en singels, is nu vaak niet rendabel door de schaalgrootte, het versnipperde eigendom en de relatief hoge transportkosten. Met de nieuwe gedemonstreerde biomassa keten wordt het mogelijk om meer landschapselementen te onderhouden. De projectpartners zullen zich blijven inspannen om de resultaten van het project te verspreiden. Aanbevolen wordt om de meerwaarde van landschapsonderhoud ook op provinciaal en gemeentelijk niveau onder de aandacht te brengen en waar mogelijk in uitvoering te brengen.

Op dit moment worden nog veel goedkope houtsnippers en pellets van dubieuze kwaliteit verstoekt. Aanbevolen wordt om vanuit de overheid meer aandacht te geven aan het belang van het verbranden van de juiste biomassa. Ook leveranciers van biomassaverbrandingsinstallatie hebben hier een rol te vervullen.

(Gedeeltelijke) vervanging van lijnzaad olie in verven/harsen door de extractives uit pyrolyse olie lijkt een veelbelovende toepassing. Nader onderzoek naar deze toepassing wordt aanbevolen.

3. Inleiding

Biomassa is een belangrijke bron voor duurzame energie. Voor ongeveer tweederde van de duurzame energieproductie wordt biomassa gebruikt. Hiervan wordt meer dan de helft geconsumeerd door kleinschalige biomassa installaties.

Het aantal installaties dat biomassa gebruikt voor het opwekken van energie neemt sterk toe. Er worden bijvoorbeeld steeds meer installaties gebruikt die biomassa gebruiken om stallen, zwembaden, vakantieparken etc. te verwarmen. Dit wordt met name door de SDE+ subsidieregeling gestimuleerd.

Een belangrijk probleem van veel houtgestookte ketels voor decentrale warmteopwekking is de inhomogeniteit van de brandstof, waardoor veel problemen in de bedrijfsvoering ontstaan. Ten behoeve van decentrale verwarmingsketels op basis van biomassa wordt veelal hout toegepast als grondstof. Het betreft hier houtpellets of houtsnippers. Houtpellets voldoen in zijn algemeenheid aan de kwaliteitseisen van deze houtgestookte ketels voor wat betreft aanwezige verontreinigingen, deeltjesgrootte en vochtgehalte. Een belangrijk nadeel van houtpellets is dat deze duur zijn, niet alleen in absolute prijs (200-250 €/ton) maar ook in prijs per energie-inhoud.

Als alternatief kunnen houtsnippers worden ingezet. Echter, houtsnippers geproduceerd vanuit bijvoorbeeld snoeihout bevatten nog te hoge vochtgehaltes van 45 tot 55%, fijne delen en zijn niet homogeen. Ketels gestookt op ongedroogde houtsnippers kampen vaak met technische problemen omtrent de voeding, de verbranding (emissies), sintel vorming en het rendement van de ketel vanwege het hoge vochtgehalte. Natte houtsnippers vertonen de eigenschap van verkleving, waardoor de voeding vast kan lopen. In het verleden zijn ervaringen opgedaan in verbrandingsinstallaties bij zwembaden en sportcomplexen, die geen positieve bijdrage leveren aan de verdere marktintroductie van houtsnippers voor decentrale warmteproductie. Ook het zeven van ruwe chips waarbij de stof/zand fractie van 0-5 mm wordt afgezeefd is van groot belang om biomassa gestookte ketels optimaal te laten functioneren en emissies te reduceren.

Door het aandeel vocht te reduceren kan er effectief meer duurzame warmte (c.q. stoom) worden geproduceerd. Bovendien wordt de hanteerbaarheid en de regeling van de verbranding van de houtgestookte ketels verbeterd.

Gedroogde en op maat gezeefde houtsnippers kunnen net als houtpellets verpompt worden. Dit is in het project getest. Hiermee kunnen gedroogde houtsnippers afgezet worden op moeilijk bereikbare plaatsen, zoals in woonwijken, bij scholen, e.d.. De gedroogde houtsnippers kunnen via een slangkoppeling in de voorraadbunker worden geblazen. Naast de eerder genoemde stookproblemen hebben natte houtsnippers dit voordeel niet. Natte houtsnippers moeten in een bunker gelost worden middels kiepwagens of met kraanauto.. Wanneer echter de droging van houtchips via inzet van hoogwaardige warmte wordt uitgevoerd zal de prijs van snippers significant stijgen.

De potentiële beschikbaarheid van biomassa is veelal bekend en er zijn vele haalbaarheidsstudies naar beschikbaarheid van biomassa in specifieke gebieden uitgevoerd. Tot op heden is echter een belangrijk deel van de keten onderbelicht gebleven, namelijk: de logistiek rondom de oogst, verwerking en levering van de biomassa. Verdeeld over verschillende terreintypen is er in een gebied bijvoorbeeld voldoende potentieel aan houtige biomassa aanwezig. Het is echter niet bekend hoe uit dit gebied een duurzame en continue stroom van houtige biomassa tot stand kan worden gebracht. Kortom, er is onvoldoende zicht op de benodigde (technische) logistiek voor een efficiënte en duurzame oogst, bundeling, verwerking, opslag en transport van houtige biomassa uit de

verschillende terreintypen (bos, landschappelijke beplantingen, grienden, uiterwaarden, etc). Aannemers en handelaren hebben vaak wel ervaring met het oogsten en verwerken van biomassa uit één bepaald terreintype (zie bijvoorbeeld onderstaande foto), maar niet met het bundelen van biomassastromen en de oogst in meerdere terreintypen. Bovendien is de beschikbare logistieke kennis versnipperd en bestaan er nog onduidelijkheden over de wet- en regelgeving. Tevens is het aan de bron sorteren van kwaliteiten biomassa van groot belang. Hiervoor is kennis en ervaring vereist van de mensen in het veld.

Tegen deze achtergrond heeft Bruins & Kwast een nieuw concept uitgewerkt om enerzijds kosteneffectief gezeefd en gedroogde houtchips te produceren en anderzijds meer en hoogwaardigere biobrandstoffen te produceren van biomassa afkomstig van bos- en landschapsonderhoud.



Bruins & Kwast was voor aanvang van het project al enige jaren bezig met de voorbereiding van een biomassa productie centrum als centraal punt in de keten van bos en landschap tot eindgebruiker van biomassa.

In de voorbereidingsfase heeft Bruins & Kwast met de projectpartners HeatPlus, BTG en Energiehout het concept uitgedacht om meerdere soorten droge houtsnippers uit landschapshout te maken voor specifieke toepassingen: < 0,4 cm voor animal bedding en potgrond toepassingen, 0,4 – 1,5 cm snippers voor pyrolyse olie productie en 1,5 – 4,0 cm voor warmteproductie in kleinschalige ketels. Bruins & Kwast heeft een eigen proceslijn ontwikkeld en ontworpen, waarmee biomassa grondstoffen/brandstoffen met een combinatie van nieuwe zeef-, droog- en verkleiningstechnieken, op specificatie kunnen worden gemaakt.

Uit een haalbaarheidsonderzoek is eerder al gebleken, dat met dit concept het rendement van de biomassa productie hoger ligt dan de stand der techniek en de kostprijs per GJ van de producten significant lager is. Bovendien wordt een nog niet eerder toegepaste biomassa voor deze keten gebruikt: integrale houtige reststromen van landschaps- en bosonderhoud, voornamelijk bestaande uit een mix van loofhout soorten.

4. Doelstelling

Naast de afzetmogelijkheden van biobased producten (markten) en de technologische verwerkingsmogelijkheden, bepalen de beschikbaarheid, handel en logistiek in sterke mate de wijze waarop de biobased economy in Nederland zich zal ontwikkelen. Zeer bepalend voor de beschikbaarheid en de kostprijs van biomassa is immers de inrichting van de commerciële en logistieke systemen.

Met name de ontwikkeling in decentrale duurzame warmte door middel van houtgestookte installaties zal de komende jaren blijven groeien. Het merendeel van de tot nu toe toegepaste biomassa bestaat uit mooie boshout snippers. Zonder de juiste kwaliteit en continuïteit in beschikbaarheid van houtsnippers zal bio-energie op decentrale schaal moeilijk van de grond komen.

Daarnaast is de pyrolyse technologie in opkomst. Partner BTG heeft in 2015 een grootschalige demonstratie installatie voor de productie van pyrolyse olie. Deze Empyro installatie vraagt een specifieke kwaliteit van de grondstof. Het project zal de beschikbaarheid van grondstoffen voor pyrolyse productie vergroten.

Bruins & Kwast wil met haar activiteiten voor "centrale opwerking houtsnippers" een serieuze bijdrage leveren aan de ontwikkeling van bio-energie en biobased grondstoffen in Nederland. Dat wil zij doen door de inzet van laagwaardige, thans nog onbenutte biomassaströmen mogelijk te maken voor de productie van hernieuwbare energie. Specifiek gaat het in dit project om integraal houtige groenstromen, die vrijkomen bij onderhoud van landschappen en bossen (landschapshout). Deze biomassa stroom is zeer divers qua samenstelling en kwaliteit en daarmee tot nu toe moeilijk te verwerken.

Het project bestaat uit de productie en toepassing van homogeen samengestelde, gedroogde biomassa uit houtige reststromen van landschaps-, en bosonderhoud. Met dit halfproduct komt een grondstof beschikbaar voor verdere verwerking tot biobased producten. Om dit te bereiken wordt een nieuwe keten van inzameling, logistiek en bewerking van deze groenstromen opgezet en gedemonstreerd. Met het project wordt het mogelijk om meer verschillende biomassa (rest)stromen te benutten voor de biobased economy.

Specifiek richt het project zich op de voorbereiding van integraal houtige reststromen tot verschillende klassen houtsnippers en afzet van deze producten voor productie van pyrolyse olie, productie van warmte en grondstoffen voor animal bedding en de potgrond industrie.

Doelstelling

Het hoofddoel van dit project was om een nieuwe biomassa keten te demonstreren van landschapshout naar de productie van pyrolyse olie en van warmteproductie in decentrale biomassa gestookte ketels.

Deze hoofddoelstelling kan gespecificeerd worden naar de volgende specifieke doelstellingen:

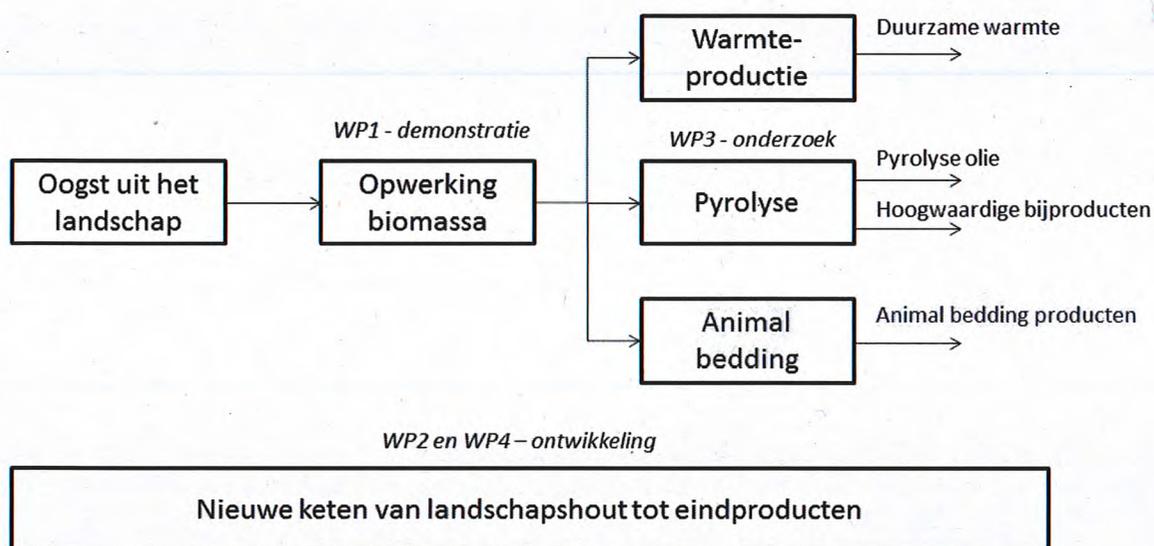
1. Het realiseren van een productieproces voor het opwerken van houtige reststromen van bos- en landschapsonderhoud met een capaciteit van 60.000 ton/jaar;
2. Het in de praktijk demonstreren van de keten van landschapshout tot en met warmteproductie in kleinschalige ketels;
3. Het demonstreren van de mogelijkheden om tot 20% kostprijsverlaging te komen voor warmteproductie met kleinschalige biomassa installaties;

4. Het demonstreren van jaar rond, continue levering van gedroogde en geclassificeerde houtsnippers met constante kwaliteit;
5. Onderzoek naar de fase scheiding van pyrolyse olie uit landschapshout voor de productie van pyrolyse olie en waardevolle bijproducten, zoals bindmiddelen, kunstharsen, zuivere (fenolische) componenten of houtverduurzamingsmiddelen.
6. Optimalisatie van de keten van landschapshout tot eindproductie met als doel om 30% meer nuttig toepasbare biomassa te maken dan de stand der techniek;
7. Versterking van de kennisinfrastructuur m.b.t. pyrolyse technologie van laagwaardige biomassa stromen

5. Aanpak en werkwijze

Om de doelstellingen te bereiken is een nieuwe keten van inzameling, logistiek en bewerking van de houtige biomassastromen tot en met de inzet van groenstromen voor pyrolyse olie productie en voor warmteproductie in kleinschalige ketels tot 1 MWth opgezet. In onderstaande figuur is de nieuwe biomassaketen schematisch op hoofdlijnen weergegeven en in dit project onderzocht.

Met deze keten wordt een maximaal rendement uit de houtige reststromen van bos- en landschapsonderhoud verwacht.



Figuur 1: Schematische weergave van de nieuwe biomassaketen

Om de doelstellingen van het project te realiseren zijn voor een aantal stappen in de keten toegesneden werkpakketten gedefinieerd. Deze zijn:

WP1 – Demonstratie opwerking biomassa

WP2 – Ontwikkeling nieuwe keten productie biomassastromen uit landschapshout

WP3 – Onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van pyrolyse olie productie uit landschapshout

WP4 – Evaluatie van de nieuwe biomassaketen

De uitgevoerde werkzaamheden in deze werkpakketten worden successievelijk beschreven.

WP1 – Demonstratie opwerking biomassa

Integrale houtsnippers, afkomstig uit hout van bos-, stad- en landschapsonderhoud worden aangeleverd op de Bruins & Kwast locatie in Duiven. Deze locatie, weergegeven in figuur 2, werd tot aanvang van het project gebruikt als overdekte groencompostering. De locatie is in dit werkpakket

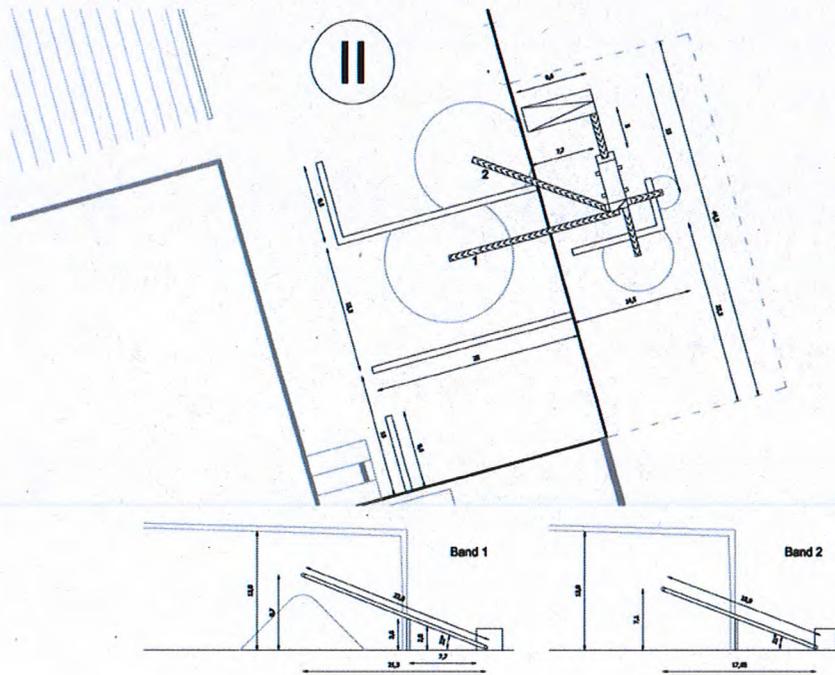
omgebouwd voor de demonstratie van het opwerken van landschapshout met een capaciteit van ca. 100.000 m³/jaar. Dit komt overeen met een iets lagere capaciteit dan 60.000 ton/jaar, zoals in de doelstellingen is omschreven.



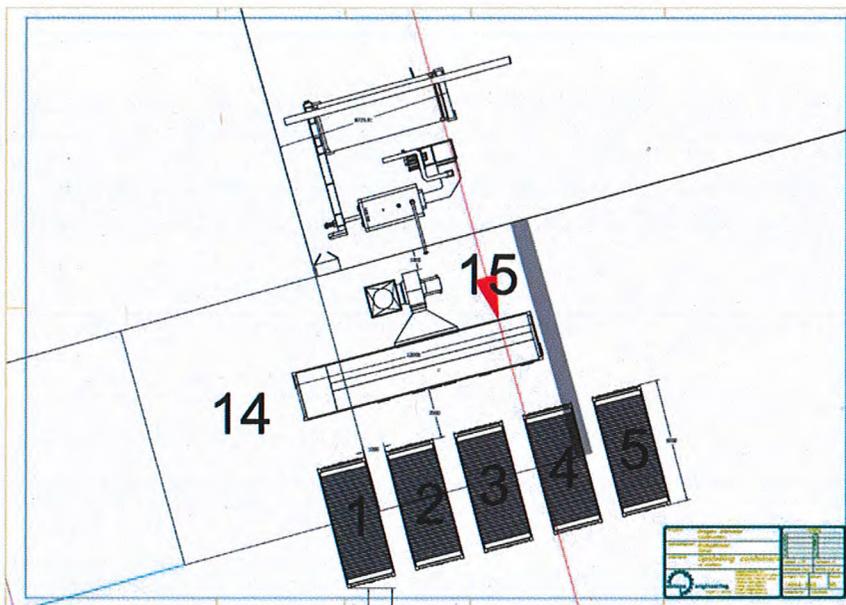
Figuur 2: Locatie Duiven van Bruins & Kwast

De opslag van geogste houtsnippers uit het landschap vindt buiten plaats. Vervolgens worden de chips in diverse fracties gezeefd, door middel van swingzeef techniek. De verschillende fracties worden gedroogd tot 20-30 % vocht. Dit wordt bereikt door een droog techniek die speciaal hiervoor ontwikkeld wordt.

In figuur 3 is de techniek van de biomassa opwerking schematisch weergegeven.



Figuur 3a: Opstellingstekening zeefinstallatie



Figuur 3b: Opstellingstekening drooginstallatie

In dit werkpakket is de biomassa opwerkingsinstallatie in Duiven gebouwd en in gebruik genomen. Foto's van de installatie zijn opgenomen onder de beschrijving van WP2. De biomassa opwerkingsinstallatie heeft een periode succesvol proef gedraaid en is vervolgens in het logistieke biomassa proces van Bruins & Kwast geïntegreerd.

Het werkpakket heeft geresulteerd in een operationeel centrum voor opwerking van 100.000m³/jaar integraal aangeleverde houtige reststromen uit landschaps- en bosonderhoud.

WP2 – Ontwikkeling nieuwe keten productie biomassa-stromen uit landschapshout

Naast de afzetmogelijkheden van biobased producten (markten) en de technologische verwerkingsmogelijkheden, bepalen de beschikbaarheid, handel en logistiek in sterke mate de wijze waarop de biobased economy in Nederland zich zal ontwikkelen. Zeer bepalend voor de beschikbaarheid en de kostprijs van biomassa is immers de inrichting van de commerciële en logistieke systemen.

Om de voordelen van de beoogde biomassa keten te bereiken zijn een aantal belangrijke stappen in de keten ontwikkeld. Dit betreft o.a. de optimalisatie van de oogst van de houtige reststromen van bos- en landschapsonderhoud, en het testen van de geschiktheid van de opgewerkte houtsnippers voor warmteproductie in decentrale ketels.

Ten aanzien van de logistiek van het oogstproces zijn praktijkproeven met de opwerking van diverse houtproducten uitgevoerd met het doel om met maximaal rendement en tegen minimale kosten houtsnippers te produceren. Energiehout heeft in deze activiteiten meegewerkt aan de analyse van de logistieke keten. Groenrecycling-Twente voert de praktijkproeven in het bos c.q. landschap uit.

Het doel van het testprogramma met opgewerkte houtchips is om de effecten te bepalen van gedroogde, gefractioneerde houtchips in kleinschalige biomassa-installaties. Groenrecycling-Twente heeft testen uitgevoerd in de houtverbrandingsinstallatie van zwembad De Ravijn in Hellendoorn (eigendom van gemeente). De testen bestaan uit een stookproef en voedingsproeven. De testen hebben geleid tot een aanpassing in de voedingstechniek. Vervolgens heeft het zwembad besloten om over te stappen van houtpellets naar de gedroogde en gefractioneerde houtsnippers. Samen met Heatplus zijn testen uitgevoerd in meerdere installaties van Heat Plus, o.a. het warmte net Hengelo (o) en de bedden fabriek Auping in Deventer.

WP3 – Onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van pyrolyse olie productie uit landschapshout

In dit werkpakket is door BTG onderzoek verricht naar de opwerking van een specifieke klasse van de opgewerkte biomassa uit het landschapshout, namelijk de inzet van de kleine klasse (0,4-1,5 cm) voor de productie van pyrolyse olie. Pyrolyse olie is een duurzame vloeibare biobrandstof geproduceerd uit biomassa. De belangrijkste toepassing van pyrolyse olie is op dit moment de productie van warmte en elektriciteit. Verwacht wordt dat in de komende jaren pyrolyse olie ook als grondstof voor diverse duurzame chemicaliën en producten ingezet kan worden. In dit werkpakket is de productie van pyrolyse olie uit de kleine klasse als zodanig onderzocht.

Teneinde de kleine klasse landschapshout uit het voorbereidingstraject te benutten voor productie van pyrolyse olie dienen een aantal obstakels te worden overwonnen. Belangrijkste obstakel heeft betrekking op de chemische eigenschappen van de biomassa. De kleine klasse landschapshout bevat een groot aandeel bast en blad, welke hoge concentraties 'extractives' bevatten. Extractives is een verzamelnaam voor diverse componenten zoals harsen (abietinezuur), maar ook mono, di, tri-glycerines en vrije vetzuren.

Ervaringen binnen BTG, alsmede publicaties van bijvoorbeeld VTT in Finland^{1,2} laten zien dat gebruik van biomassa stromen met relatief grote hoeveelheden blad en schors een product oplevert met een viskeuze toplaag. Deze toplaag (5-20% van het product) bestaat uit typische componenten zoals vetzuren, terpenen en carboxyl zuren. De onderste fase (80-90% van het product) is vergelijkbaar met homogene pyrolyse olie die bijvoorbeeld uit schoon dennenhout wordt gewonnen.

De vorming van een toplaag ontstaat door een verhoogde concentratie aan slecht in water oplosbare componenten. Waar bij pyrolyse olie uit schoon dennenhout deze concentratie dusdanig laag is dat het mengsel beneden de maximale oplosbaarheid (=verzadigingsconcentratie) blijft, levert pyrolyse van blad en schors materiaal 3 tot 10 maal meer 'extractives', waardoor een separate toplaag wordt gevormd. Deze toplaag hindert het gebruik van pyrolyse olie. De plakkerige, viskeuze, toplaag levert problemen in na geschakelde processen systemen zoals stof filtratie, watergehalte controle, (tijdelijke) opslag alsmede in de toepassing van het product.

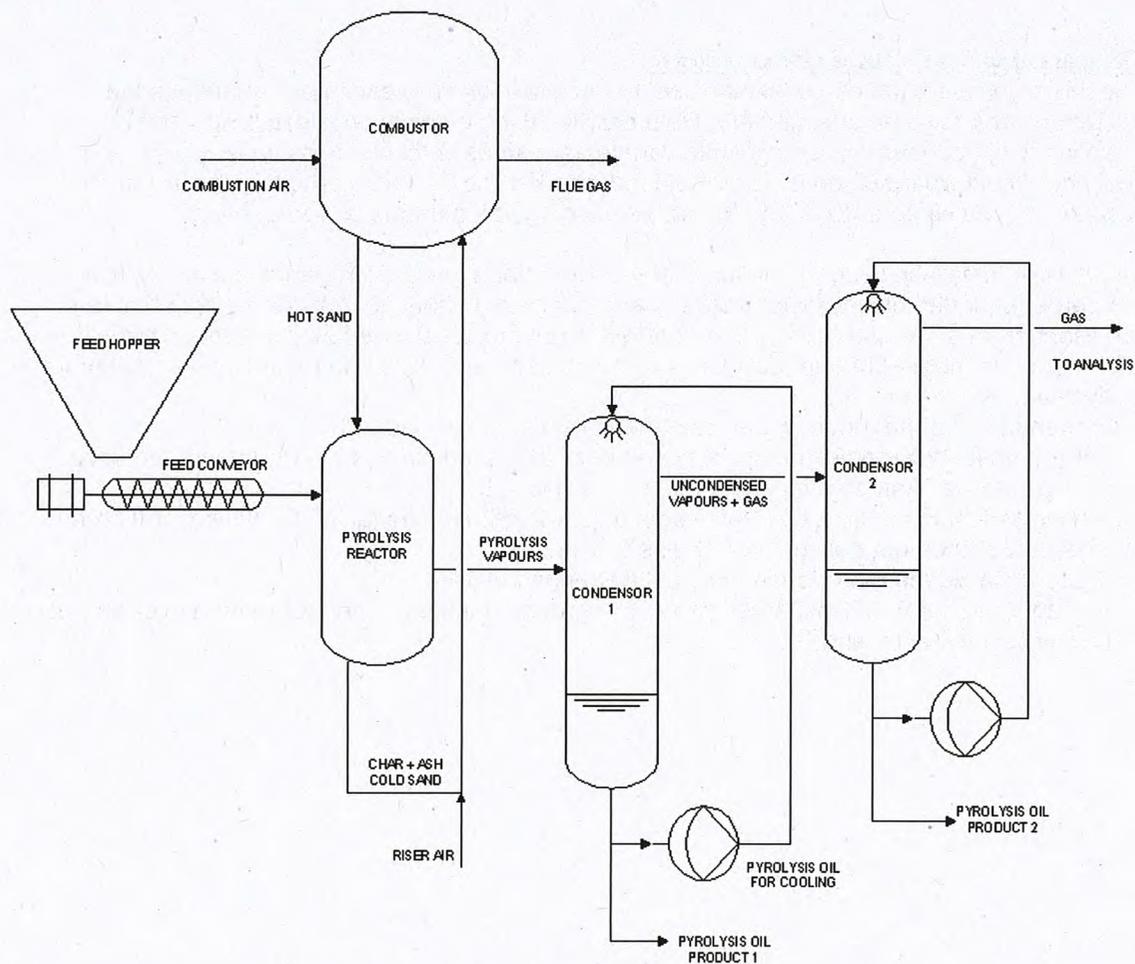
In het project zijn in totaal twee batches van de kleine fractie uit het opgewerkte landschapshout door Gelderse Reststoffen Recycling geleverd aan BTG.

Onderzoek naar de invloed van diverse proces parameters op de pyrolyse olie productie uit snoeihout is uitgevoerd in een mini pyrolyse plant, bij een capaciteit van c.a. 3 kg/uur. Deze mini pyrolyse plant is ontworpen op basis van BTG's gepatenteerde pyrolyse proces, en bevat alle kritische onderdelen die ook in een commerciële pyrolyse installatie (zoals de Empyro plant uit Hengelo OV) zitten.

In het proces wordt biomassa gemengd met heet zand, waardoor de biomassa ontleedt. De dampvormige reactie producten worden gescheiden en na condensatie ontstaat de pyrolyse olie. Als bijproduct ontstaat ook een kleine hoeveelheid kool in het proces. Dit kool wordt samen met het zand naar een 2^e reactor gebracht, waar de kool verbrandt wordt en de benodigde energie voor het proces wordt gegenereerd.

¹ A. Oasmaa et al. Fast Pyrolysis of Forestry Residue. 1. Effect of Extractives on Phase Separation of Pyrolysis Liquids. Energy & Fuels, Vol. 17, p 1-12 (2003).

² A. Oasmaa et al. Fast Pyrolysis of Forestry Residue. 2. Physicochemical Composition of Product Liquid. Energy & Fuels Vol. 17, p. 433-443 (2003).



Figuur 4: Schematische weergave van de mini pyrolyse plant

De pyrolyse pilot plant is vergelijkbaar met de mini pyrolyse plant, en werkt bij een capaciteit van 200 kg per uur. Deze installatie wordt gebruikt voor de productie van grotere hoeveelheden pyrolyse olie voor vervolg onderzoek.

Twee fysische scheidingsmethoden zijn gebruikt in het onderzoek om de toplaag van de pyrolyse olie te scheiden. Als eerste is op basis van het dichtheidsverschil de toplaag via een scheidtrechter (decanter) van de pyrolyse olie gescheiden. Hierbij zakt op basis van de zwaartekracht de fase met de hoogste dichtheid naar de bodem, waarna deze afgescheiden kan worden. Al vroeg in het onderzoek bleek deze methode erg tijdrovend met een matige scheidings-efficiëntie. Om het proces te versnellen en te verbeteren is een centrifuge gebruikt.

Als alternatief voor de fysische scheidingsmethoden is onderzoek uitgevoerd naar de scheiding van de extractives uit pyrolyse olie met behulp van vloeistof-vloeistof extractie. Bij vloeistof-vloeistof extractie wordt gebruik gemaakt van een hulp stof, waar de te extraheren component(en) beter in oplossen dan in de oorspronkelijke vloeistof. Vervolgens worden de geëxtraheerde componenten uit de hulp stof gescheiden (normaliter middels destillatie) en kan de hulp stof opnieuw gebruikt worden.

WP4 – Evaluatie van de nieuwe biomassaketen

Het project is afgesloten met een evaluatiefase. In deze fase zijn de resultaten van de overige werkpakketten verzameld en geëvalueerd. De prestaties van de opwerkingsinstallatie van het landschapshout zijn beoordeeld ten opzichte van de aannames in de business case. Ook is een rekentool ontwikkeld waarmee de CO2 emissie reductie kan worden berekend bij gebruik van het nieuwe product houtsnippers "Enerwood®" als vervanging van aardgas bij verwarming.

De demonstratie-installatie is de eerste installatie in Nederland geworden, waarbij op industriële schaal meerdere soorten biobrandstof worden geproduceerd uit houtige reststromen van bos- en landschapsonderhoud. De communicatieactiviteiten in het project zijn gericht geweest op het presenteren van de mogelijkheden (zowel technisch en economisch) en de resultaten van het project. Deze activiteiten hebben omvat:

1. Presentatie over het project tijdens het TKI-overleg van 5 maart 2015;
2. Bijeenkomst De Groene Hub op 10 november 2016: rondleiding en aansluitend een debat over biomassa "Aan de slag, maar met een kritische blik?"
3. Nieuwsbericht in het blad Circulair versie najaar 2015. Het magazine Circulair wordt breed verspreid binnen het netwerk van Bruins & Kwast;
4. Presentatie tijdens Bio-energiedag Oost Nederland 2015/2016
5. Bijdrage aan het RTV Oost programma "Het groene oogsten", een programma over duurzaam Overijssel en Gelderland.

6. Resultaten

6.1 Project

Het project heeft de volgende resultaten opgeleverd:

1. Operationeel centrum op het bedrijventerrein Roelofshoeve in Duiven voor opwerking van 100.000 m³/jaar integraal aangeleverde houtige reststromen uit landschaps- en bosonderhoud;
2. Demonstratie van een nieuwe keten van integraal houtige reststromen naar warmte productie in decentrale ketels;
3. In de praktijk bewezen nieuwe techniek voor het produceren van verschillende klassen homogene, gedroogde snippers uit houtige groenstromen;
4. Inzicht in de toepassingsmogelijkheden om uit landschapshout pyrolyse olie en waardevolle bijproducten te maken;
5. Bevorderen van het toepassen van houtsnippers door constante hoge kwaliteit en continuïteit te leveren;
6. Marktintroductie van opgewerkte biomassa producten en uitzicht op verdere uitrol van het concept.

6.2 Mogelijkheden voor spin off en vervolgactiviteiten

Het project is met positieve resultaten afgerond. De met het project gerealiseerde keten van landschapshout naar meerdere biomassa producten is dusdanig succesvol dat verdere uitrol van de verwerkingscapaciteit van landschapshout voor handen ligt. Gedroogde houtsnippers van 1,5 – 4,0 cm worden nu al als alternatief voor houtpellets in de markt gezet voor warmteproductie.

De vraag naar het product is dusdanig groot, dat uitbreiding van de productiecapaciteit op korte termijn (2-3 jaar) te verwachten valt. Ook de kleine fractie kent markttoepassingen om veen te vervangen in de potgrond industrie. Een deel van deze fractie wordt toegepast bij de productie van pellets.

Er zijn nog diverse mogelijkheden om de business case te optimaliseren. Dit wordt door Bruins & Kwast met de samenwerkingspartners Energiehout en Heatplus na afloop van het project opgepakt.

De potentie van toepassing van de kleine fractie voor pyrolyse olie productie is groot. Het project heeft aangetoond, dat dit mogelijk is en dat de toplaag van de geproduceerde olie gescheiden kan worden. Nader onderzoek is nodig om waardevolle chemische producten uit de toplaag van de pyrolyse olie te extraheren.

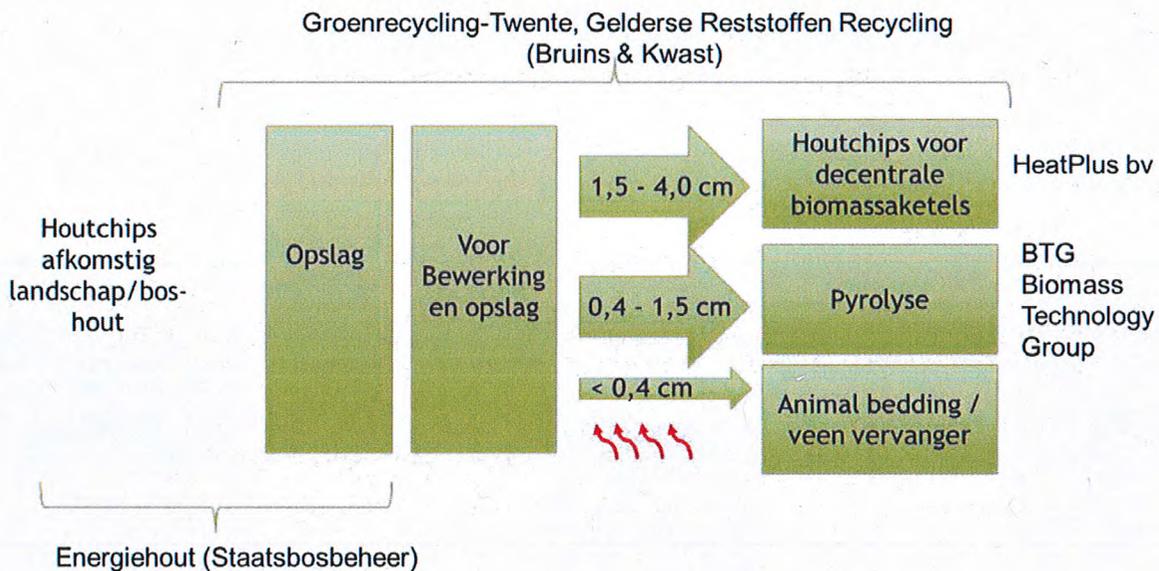
Afhankelijk van de groeiende vraag naar de opgewerkte biomassa zal Bruins & Kwast de capaciteit van de installatie voor opwerking van landschapshout uitbreiden. Tegen deze achtergrond is de verwachting dat de samenwerking van de projectpartners in stand zal blijven voor tenminste enkele jaren na afloop van het project.

7. Discussie

De kern van de nieuwe keten is het opwerken van biomassa naar geschikte grondstoffen voor de vervolgstappen in de keten. Concreet bestaat dit uit gedroogde en gefractioneerde houtchips van landschapshout in de volgende klassen:

1. Gedroogde houtsnippers van 1,5 - 4,0 cm voor toepassing in decentrale ketels: ca. 65% van de input;
2. Kleinere fractie gedroogde houtchips van 0,4 - 1,5 cm voor pyrolyse olie productie: ca. 25% van de input. Deze fractie is eveneens potentieel geschikt voor andere toepassingen zoals briketteren;
3. De fractie fines met deeltjesgrootte kleiner dan 0,4 cm voor toepassingen als veenvervanging in potgrond en animal bedding, bijvoorbeeld voor kattenbak vullingen. Deze fractie omvat ca. 10% van de input.

De nieuwe biomassa keten en de rol van de projectpartners is weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 5: Schematische weergave van de nieuwe keten van biomassa producten uit landschapshout en de rol van de projectpartners in de keten

In dit totaal concept zijn 4 nieuwe innovatieve ontwikkelingen.

1. Fractioneren; de zeeftechniek incl. interne logistiek. De swingzeef techniek kent z'n oorsprong in andere toepassingen, en is aangepast voor het zeven van houtsnippers.
2. Drogen; voor het drogen van houtsnippers zijn enkele systemen op de markt. Met name in Duitsland zijn diverse droogtechnieken bekend. Bruins & Kwast heeft gekozen voor een op maat gemaakt systeem gekenmerkt door maximale energie efficiëntie en doorzet product.
3. Het logistieke distributie systeem. Bruins & Kwast levert een hoogwaardig product "Enerwood®" voor kleinschalige ketels als alternatief voor houtpellets en basis houtsnippers.

Middels een signaleringssysteem in de voorraadbunker kan Bruins & Kwast vanuit haar planning reageren zonder dat de klant handelingen hoeft te verrichten. De hoogwaardige kwaliteit van het product zorgt voor stabiele verbranding en een betrouwbare bedrijfsvoering.

4. Pyrolyse van de kleine fractie van landschapshout en valorisatie van de toplaag van de olie voor hoogwaardige chemische producten.

De vier genoemde aspecten maken de opzet uniek en worden de volgende voordelen bereikt;

- Beschikbaarheid van kwaliteit brandstof is voor nieuwe biomassaketels geen item meer;
- Continuïteit en kwaliteit zijn gedurende het gehele jaar gegarandeerd;
- De locatie Duiven is een inname depot voor houtsnippers. Dit betekent dat chips uit landschapsonderhoud altijd aangeleverd kunnen worden;
- Decentrale warmteproductie met hout gestookte ketels vindt op een verantwoorde en betrouwbare manier plaats.

Uit het vrijkomende materiaal uit het landschapsonderhoud worden de boomstammen verkocht aan de houtverwerkende industrie. Het restmateriaal wordt versnipperd en vervolgens gezeefd en gedroogd in de nieuwe opwerkinstallatie in Duiven. De laatste stap in het totaal vermarkten van de houtchips, die nu nog in proeffase wordt getest, bestaat uit een soort centrifuge met gelijktijdige verhitting. Hiermee worden de residuen uit de gezeefde houtsnippers bewerkt tot een houtige fractie die gepelletiseerd wordt en een fijne vezel/schors restfractie, die tot substraat wordt verwerkt voor potgrond (veenvervanger). De pellets uit lokaal resthout worden op dit moment getest, certificering zal daarna volgen. De kwaliteit houtsnippers onder merknaam Enerwood® worden geleverd met gegarandeerde samenstelling (maat, vochtpercentage en stookwaarde) onder NTA8080 certificaat. Resultaat is dat alle stromen worden benut. Daar komt nog bij dat al de bewerkingsstappen zeer energiezuinig zijn wat het bedrijf een zeer positieve CO₂ footprint geeft.

Waar in 2015 nog relatief kleine hoeveelheden Enerwood® geproduceerd werd, liep de productie in 2016 op tot 50.000 m³ en de prognose voor 2017 is ca. 100.000 m³. De houtsnippers worden aan diverse bedrijven en organisaties geleverd, waaronder glastuinders, pluimveehouders, zwembaden, sauna's, woonboerderijen maar ook grotere productiebedrijven.

Het project en de subsidie vanuit het programma Biobased Economy: "Kostprijsreductie elektriciteits- en warmteproductie" heeft deze groei mede mogelijk gemaakt. Door de toenemende vraag naar hoogwaardige biomassa producten wordt het mogelijk om in steeds meer gemeenten landschapsonderhoud te gaan doen. Ook is Bruins & Kwast in overleg met eigenaren van cultuurlandschappen zoals houtwallen en hakhout percelen.

Een voorbeeld hiervan is het coulissen landschap in Twente. Van oudsher bestaat dit landschap uit houtwallen en singels met een duidelijke functie. In Twente alleen al staan voor ca. 4.000 km aan houtwallen, die voor een deel hun functie verliezen. Met hulp van de overheden wordt getracht deze waardevolle objecten voor de toekomst te behouden.

Het hout dat daarbij vrijkomt wordt deels ingezet voor de productie van Enerwood® houtsnippers. Voor deze werkzaamheden worden voor zover mogelijk mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt ingezet. Van deze ruim 100.000 m³ houtige biomassa worden circa 75.000 m³ Enerwood® houtsnippers gemaakt en circa 25.000 m³ restmateriaal. Met het centrifuge systeem, dat nu nog in de testfase zich bevindt, wordt hiervan vervolgens 7.000 ton houtpellets afgescheiden en ca 3.000 m³ vezel voor potgrond. Deze veenvervanger zorgt ervoor dat er geen veen hoeft te worden afgegraven in Noord Europa.

Bruins & Kwast wil het imago van bio-warmte uit houtsnippers en pellets verbeteren. Er worden op dit moment veel ketels gekocht waarin vervolgens goedkope houtsnippers en pellets van dubieuze kwaliteit worden verstoekt. Dit zorgt ervoor dat de ketels het rendement niet halen en dat er stofemissie en/of zelfs stankproblemen kunnen optreden. Vanuit de overheid zou er meer

aandachtgeven moeten worden aan het belang van het verbranden van de juiste biomassa. Ook leveranciers van biomassaverbrandingsinstallatie hebben hier een rol te vervullen.

Ook voor de toekomst heeft het onderzoek naar het pyrolyseren van de kleine fractie van het opgewerkte landschapshout een waardevolle bijdrage geleverd. Verwijderen van de toplaag van pyrolyse olie is belangrijk voor de implementatie van de beoogde keten, mogelijk is dit zelfs een voorwaarde om aan toekomstige standaardisatie eisen te voldoen. Een discussiepunt in de standaardisatie van pyrolyse olie is de aanwezigheid van extractives en de gevolgen voor de olie kwaliteit. Door de toplaag van de olie te verwijderen wordt een homogener pyrolyse olie bereikt. De toplaag levert ook een kans in de vorm van een potentieel waardevol bijproduct. De toplaag lijkt geschikt voor hoogwaardige toepassingen zoals gebruik in bindmiddelen, kunstharsen, zuivere (fenolische) componenten of houtverduurzamingsmiddelen. In dit project zijn technieken ontwikkeld en getest voor het afscheiden van de toplaag van pyrolyse olie uit landschapshout.

8. Conclusies en aanbevelingen

Op basis van het uitgevoerde werk zijn een aantal belangrijke conclusies te trekken:

- Er is in dit project een nieuwe keten van landschapshout naar meerdere biomassa producten op praktijkschaal gedemonstreerd. Deze producten betreffen een hoogwaardige houtsnipper uit lokaal geogst hout, die geïmporteerde houtpellets kan vervangen, en een aantal kleine houtfracties waarmee o.a. veen in potgrond kan worden vervangen.
- Doordat alle deelstromen van het landschapshout worden benut, wordt het mogelijk om in steeds meer gemeenten landschapsonderhoud te gaan doen. Ook met eigenaren van cultuurlandschappen zoals houtwallen en hakhout percelen wordt getracht deze waardevolle objecten voor de toekomst te behouden.
- De met het project gerealiseerde keten van landschapshout naar meerdere biomassa producten is dusdanig succesvol dat verdere uitrol van de verwerkingscapaciteit van landschapshout voor handen ligt.
- De kleine fractie landschapshout welke uit de voorbereiding vrij komt, is eveneens geschikt voor de productie van pyrolyse olie. Deze pyrolyse olie bevat zoals verwacht een toplaag rijk aan extractives.
- De toplaag kan effectief van de pyrolyse olie gescheiden worden via vloeistof-vloeistof extractie met een apolaire extractant. Fysische scheidingsmethoden zijn minder efficiënt.
- Scheiding van de extractives levert een goede kwaliteit pyrolyse olie op. In vergelijking met de pyrolyse van schoon hout is de olie opbrengst echter lager. Hierbij dient opgemerkt te worden dat er nog ruimte is voor verdere optimalisatie.
- De extractives uit de pyrolyse olie kunnen in potentie gebruikt worden als grondstof voor biobased producten.
- Daarnaast is het via hydrogenering mogelijk de extractives om te zetten tot een mengsel van koolwaterstoffen, die na scheiding benzine / kerosine / diesel producten opleveren.

Het oogsten van biomassa uit landschappen, waaronder houtwallen en singels, is nu vaak niet rendabel door de schaalgrootte, het versnipperde eigendom en de relatief hoge transportkosten. Met de nieuwe gedemonstreerde biomassa keten wordt het mogelijk om meer landschapselementen te onderhouden. De projectpartners zullen zich blijven inspannen om de resultaten van het project te verspreiden. Aanbevolen wordt om de meerwaarde van landschapsonderhoud ook op provinciaal en gemeentelijk niveau onder de aandacht te brengen en waar mogelijk in uitvoering te brengen.

Op dit moment worden nog veel goedkope houtsnippers en pellets van dubieuze kwaliteit verstoekt. Aanbevolen wordt om vanuit de overheid meer aandacht te geven aan het belang van het verbranden van de juiste biomassa. Ook leveranciers van biomassaverbrandingsinstallatie hebben hier een rol te vervullen.

(Gedeeltelijke) vervanging van lijnzaad olie in verven/harsen door de extractives uit pyrolyse olie lijkt een veelbelovende toepassing. Nader onderzoek naar deze toepassing wordt aanbevolen.

