

### PPS-eindrapportage

Over de PPS'en die afgerond zijn dient een inhoudelijke en financiële eindrapportage te worden opgesteld. Voor de financiële rapportage dient een totaaloverzicht van de projectkosten van de realisatie en de financiering te worden gegeven. Hier is een apart format voor beschikbaar.

**De eindrapportages worden integraal gepubliceerd op de websites van de TKI's/topsector. Zorg er s.v.p. voor dat er geen vertrouwelijke zaken in de rapportage staat.**

De PPS-eindrapportages dienen voor 1 maart 2019 te worden aangeleverd bij de TKI's [finance@tki-bbe.nl](mailto:finance@tki-bbe.nl).

Algemene gegevens	
PPS-nummer	<b>TKI-BBE-1706</b>
Titel	<b>E4BioFRAME</b>
Thema	
Uitvoerende kennisinstelling(en)	<i>ECN part of TNO</i>
Projectleider onderzoek (naam en emailadres)	<b>A.J. Grootjes, sander.grootjes@tno.nl</b>
Penvoerder PPS (namens private partij)	<b>A.J. Grootjes</b>
Contactpersoon overheid	<b>W. van Eck</b>
Totale projectomvang (k€)	<b>243</b>
Adres van de projectwebsite	-
Werkelijke startdatum	<b>1-1-2017</b>
Werkelijke einddatum	<b>31-12-2018</b>

### Goedkeuring penvoerder/consortium

De eindrapportage dient te worden besproken met de penvoerder/het consortium. De TKI('s) nemen graag kennis van eventuele opmerkingen over de rapportage.

De penvoerder heeft namens het consortium de eindrapportage	<input checked="" type="checkbox"/> goedgekeurd <input type="checkbox"/> niet goedgekeurd
Eventuele opmerkingen over de eindrapportage:	<b>Geen</b>

### Korte omschrijving inhoud/doel PPS

Wat is er aan de hand? Wat doet het project daaraan?  
 Wat levert het project op? Wat is het effect hiervan?

Ten behoeve van de overgang naar een bio-economie is het noodzakelijk dat veel fossiele producten "vergroend" worden met biomassa of met uit biomassa afkomstige bouwstenen. De papierindustrie, tweede generatie bioraffinaderijen, de agrarische sector en de bosbouwsector produceren als belangrijkste reststromen lignine en lignine-rijk materiaal zoals bijvoorbeeld notenschalen.

Het doel van het E4BioFRAME project is het vergroenen van drie productapplicaties (banden, asfalt, en scheepsbrandstof) door het (gedeeltelijk) vervangen van de conventionele fossiele grondstoffen door bepaalde pyrolyseoliefracties en/of koolstofrijke char uit lignine-rijke reststromen. Het E4BioFRAME is een subsidieproject in het kader van de TKI-toeslag 2018 regeling van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.

Inhoudelijk is het project een onderdeel van activiteiten binnen Horizon 1 (thermochemische conversie van biomassa naar (functionele) aromaten) van het BIORIZON shared research center.

Het project geeft antwoord op de vraag of pyrolyseproducten in de genoemde productapplicaties zijn te verwerken. Bij succes is het CO<sub>2</sub>-reductiepotentieel in Nederland 2 miljoen ton per jaar. De afhankelijkheid door import van aardolie neemt af en het economisch perspectief van lignocellulose bioraffinaderijen neemt toe. De bedrijven verbeteren hun concurrentiepositie en de technologie kan wereldwijd worden verkocht.

<b>Mutaties ten opzicht van het oorspronkelijke projectplan en follow-up</b>	
Zijn er wijzigingen geweest in het consortium/de project-partners? Zo ja, benoem deze	<b>Nee</b>
Zijn er inhoudelijke wijzigingen geweest in het project?	<b>Nee</b>
Is er sprake van een of meer octrooi-aanvra(a)g(en) (first filing(s)) vanuit deze PPS?	<b>Nee</b>
Is er sprake van spin-offs (contractonderzoek dat voortkomt uit dit project, aanvullende subsidies die zijn verkregen, of spin-off bedrijvigheid)	<b>Nee</b>
Binnen hoeveel jaar zullen de private partijen resultaten uit dit project gaan gebruiken in de praktijk?	Apollo Vredestein: Indien lignine based bio oils beschikbaar zijn in commerciële hoeveelheden zal dit binnen 3-5 jaar gebruikt kunnen worden. Dura Vermeer: De pyrolyse-olie fracties die in dit project zijn ontvangen en getest, laten wel bindmideleigenschappen zien maar deze liggen nog niet op het gewenste niveau van bitumen. Voordat dit in de praktijk kan worden toegepast, zullen deze moeten worden verbeterd. Progression Industry: 3 jaar (na verdere verbetering)
In hoeverre heeft het project bijgedragen aan de ontwikkeling van de betrokken kennisinstelling(en) (bijv. wetenschappelijk trackrecord, nieuwe technologie, nieuwe samenwerkingen)?	Gebleken is dat bruikbare pyrolyse-olie fracties verkregen kunnen worden via een slimme pyrolyse van lignine-rijke grondstoffen zoals walnootschilgranulaat, bioraffinageresidu en naaldhoutzaagsel met een slim gebruik van de char als interne energiebron voor het proces en met een innovatieve opvang van producten in fracties via getrapte condensatie. Zowel de flash-pyrolyse technologie als de pyrolyse damp fractioneringsopstelling is verder geoptimaliseerd met bruikbare olie-fracties en hogere opbrengsten als gevolg.
Krijgt het project een vervolg in de vorm van een nieuw project of een nieuwe samenwerking? Zo ja, geef een toelichting	Ja, de resultaten geven zicht op concrete verbetermogelijkheden, welke in een opvolgende samenwerking verder uitgewerkt kunnen worden.

<b>Resultaten</b>
<p><b>Wat heeft het project concreet opgeleverd?</b></p> <p>Uit de resultaten van het project kan geconcludeerd worden dat deze doelstelling op zijn minst gedeeltelijk bereikt is omdat:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- gebleken is dat bruikbare pyrolyse-olie fracties verkregen kunnen worden via een slimme pyrolyse van lignine-rijke grondstoffen zoals walnootschilgranulaat, bioraffinageresidu en naaldhoutzaagsel met een slim gebruik van de char als interne energiebron voor het proces en met een innovatieve opvang van producten in fracties via getrapte condensatie,</li> <li>- de opgevangen pyrolyse-oliefracties als additief in meer of mindere mate compatibel zijn met de beoogde eindproducten rubber, bitumen en scheepsbrandstof,</li> <li>- de behaalde applicatie testresultaten uitzicht bieden op verbeteringen aan zowel het primaire pyrolyseproces als aan het gebruik van de pyrolyse-olie fracties in de eindproducten via optimalisatie van productformulering en benodigde hulpstoffen.</li> <li>- uit de behaalde applicatieresultaten duidelijk is gebleken dat de belangrijkste verbeteringen voor alle onderzochte applicaties te verwachten zijn via het optimaliseren van het meng-, c.q. dispersiegedrag van de pyrolyse-oliefracties in het eindproduct.</li> </ul>

**Wat is het effect hiervan en voor wie?**

Apollo Vredestein: Meer kennis op gebied van bio based olie en de verhoogde interactie met ander rubber grondstoffen kan resulteren in een verbeterd performance niveau. Dit onderzoek is een leidraad voor de toekomstige ontwikkeling van bio oils binnen Apollo.

Dura Vermeer: Deze pyrolyse-olie fracties hebben na enige verbetering en optimalisatie de potentie om het huidige standaard fossiele bindmiddel gedeeltelijk te vervangen. Er is een toenemende vraag van opdrachtgevers naar biobased bindmiddelen. Dura Vermeer heeft de mogelijkheid om in een 'eigen' biobased proeftuin nieuwe producten te testen.

Progression Industry: Ja, de resultaten geven zicht op concrete verbetermogelijkheden, welke in een opvolgende samenwerking verder uitgewerkt kunnen worden

Wat is niet conform het oorspronkelijke plan opgeleverd en waarom niet?

Niets

**Deliverables (geef een korte beschrijving per projectdeliverable)****WP1 projectstructuur en coördinatie:**

E4BioFRAME (Extended Energy Efficient Exploitation of Biomass for Fuels, Rubber, Asphalt, Materials & Energy) heeft als doel het ontwikkelen van drie productapplicaties (banden, asfalt en transportbrandstof) door het gebruik van pyrolyseolie en koolstoffracties als grondstof. De looptijd is januari 2018 – 31 december 2018. ECN part of TNO heeft het project gecoördineerd.

**WP2 omzetting grondstoffen via pyrolyse in de PYRENA:**

De projectgrondstoffen walnootschilgranulaat en DDB zijn volgens standaard fysisch-chemische analysemethoden gekarakteriseerd. Opvallend is dat zowel walnoot en DDB aanzienlijk verrijkt zijn in lignine ten opzichte van het naaldhoutmengsel, ca. 45 gew% tegenover ca. 30 gew% voor het naaldhoutzaagsel. Zowel walnoot als DDB bevatten aanzienlijk minder polysacchariden dan het naaldhoutmengsel. Walnoot bevat ongeveer gelijke hoeveelheden hemicellulose (met name xylan, ca. 21 gew%) en cellulose (met name glucan, ca. 16 gew%) suikers, terwijl de DDB vooral nog restanten glucan (ca. 18 gew%) bevat. Voor DDB valt verder het relatief hoge gehalte aan extractives (ca. 28 gew%) en as op (ca. 12 gew%). Omdat extractives vaak uit macromoleculaire componenten bestaan (vetzuren, wax-achtige verbindingen, polyfenolen, oligosukkers, terpenen, etc.) kan dit een effect hebben bij pyrolyse omdat deze grotere verbindingen waarschijnlijk al bij relatief hogere temperaturen condenseren. Dit in tegenstelling met het walnootschilgranulaat wat weinig extractives bevat.

Uit de resultaten van de proximate en ultimate analyses valt vooral op hoe weinig as het walnootmateriaal bevat t.o.v. de DDB. Vooral de veelvoorkomende biomassa-as elementen Ca, Mg, K, en Na zijn voor walnoot in beduidend lagere concentraties aanwezig dan in DDB.

Uit de resultaten van de verschillende pyrolyse meetcampagnes kan geconcludeerd worden dat de inzet van de PYRENA met nageschakelde gefractioneerde opvang van de pyrolyseproducten heeft geleid tot een duidelijke scheiding van organisch hoogmoleculair materiaal, organisch laagmoleculair materiaal en water. De fysisch-chemische eigenschappen van de organische fracties lijken deels compatibel te zijn met de beoogde eindtoepassingen in rubber, bitumen en scheepsbrandstof. Echter, de relatief hoge viscositeit en het dispersiegedrag in een petrochemische matrix behoeven nog verbetering. Hierbij dient vermeld te worden dat de resultaten van de applicatietesten met de pyrolysefracties uit de laatste meetcampagne in november 2018 nog niet bekend zijn.

**WP3: Apollo – rubber**

Samenvattend kan gesteld worden dat de pyrolyse-oliefractie uit de pyrolyse van walnootschilgranulaat goed mengt in de formulering voor rubber maar dat in eerste instantie de dispersie verbeterd dient te worden via het aanpassen van de mengstappen. Daarna kunnen de overige eigenschappen van de blend ge-re-evalueerd worden. Hiervoor zijn dan wel grotere hoeveelheden pyrolyse-olie nodig.

**WP4: Dura Vermeer – bitumen**

De belangrijkste bevindingen zijn:

Op basis van de infrarood-analyse wordt verwacht dat de 25% pyrolyse blends op bindmiddel niveau gelijkwaardig acteren. Beide varianten van de pyrolyse olie, vuren en walnoot, lijken beide goed mengbaar met een 70/100 bitumen. De blends zijn plakkerig en geven een hechting aan diverse steenslagen. Beide blends hebben bij 100°C een hoog viskeus gedrag. Wat kan betekenen dat een temperatuurverhoging wenselijk is om het te kunnen toepassen in asfalt. De 25% pyrolyse blends bij 100°C lijken vrij stabiel te zijn, er is weinig vorming van neerslag. De geur die vrijkomt is onprettig tot (licht) irriterend. Bij 160°C is er van stabiliteit geen sprake en is er een aanzienlijke afname in massa in combinatie met de vorming van neerslag. De vrijkomende dampen hebben een blauwachtig uiterlijk en vindt er gasvorming plaats welke vrijkomt bij roeren. Zowel bij 100°C als bij 160°C wordt in de tijd neerslag gevormd. Waar het bij 100°C twee tot drie uur duurt, is het bij 160°C binnen één uur al aanwezig. De stijfheden van de 25% pyrolyse blends laten zien dat er een afname is in stijfheid ten opzichte van de referentie, 70/100. De gevonden resultaten kunnen erop wijzen dat de 25% pyrolyse blends bij hogere temperaturen te zacht worden en dat bij toepassing in asfaltmengsels de weerstand tegen spoorvorming afneemt. De vermoeiingswaarden voor beide lastherhalingen (Nf) bij 10°C laten geen groot verschil zien. De referentie 70/100 bitumen zit bij beide niveaus iets hoger dan de 25% pyrolyse blends. Bij 20°C, de referentie temperatuur voor een type test, zijn de 70/100 waardes circa 50% hoger dan de 25% pyrolyse blends.

Al met al laten de blends van bitumen met de pyrolyse-olie fracties wel bindmideleigenschappen zien maar deze liggen nog niet op het gewenste niveau van bitumen en daarmee voldoen de asfalteigenschappen ook niet.

**WP5: Progression – scheepsbrandstof**

Concluderend kan gesteld worden dat:

Mengen/ blenden van pyrolyse-vloeistoffen met HFO en ook bepaalde oplosmiddelen een realistische optie zijn, maar dat dit niet zonder meer voor EN590 geldt. Daarnaast zijn pyrolyse-vloeistoffen standalone te gebruiken, waarbij het hoge water- en zuurstofgehalte met een aanzienlijke hoeveelheid niet-vluchtige bestanddelen het zelf ontstekingsgedrag nadelig beïnvloeden.

**Aantal opgeleverde producten in 2018** (geef in ene bijlage de titels en/of omschrijvingen van de producten of een link naar de producten op andere openbare websites)

Wetenschappelijke artikelen	Rapporten	Artikelen in vakbladen	Inleidingen/workshops

**Titels/omschrijvingen van belangrijkste producten in 2018 (max. 5) en hun doelgroepen**

De resultaten van het E4BioFRAME project zijn via lezingen en posters gepresenteerd op de volgende (inter)nationale conferenties.

- RVO-congres Circulaire Economie 2018, Amercentrale Geertruidenberg,
- BIORIZON Annual Event 2018, Den Bosch,
- European Biomass Conference and Exposition 2018, EUBCE2018, Copenhagen, Denmark
- International Symposium on Analytical and Applied Pyrolysis 2018, PYRO2018, Kyoto, Japan

Voor de Europese biomassa conferentie "European Biomass Conference and Exposition 2019, EUBCE2019", in Lissabon, Portugal, zal een poster met de belangrijkste projectresultaten worden gepresenteerd.

**Bijlage: Titels/omschrijvingen van alle producten in 2018 of een link naar deze producten op de projectwebsite of andere publieke websites**