

Ontwikkeling van veilige, CO₂-negatieve, circulaire producten ter vervanging van producten met PUR (Polyurethaan) in de bouw – CO₂FIT



Datum: Maart 2024
Projectnummer: MOOI42012
Auteur: Ir Erik Oesterholt – Plantics B.V.

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Regeling nationale EZK- en LNV-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Voorwoord

Met trots presenteren wij het eindrapport van het project CO₂FIT: “Ontwikkeling van veilige, CO₂-negatieve, circulaire producten ter vervanging van producten met PUR (Polyurethaan) in de bouw”. Het project is 1 januari 2021 gestart en is eind 2023 succesvol voltooid.

In het project hebben de projectpartners gezamenlijk gewerkt aan de ontwikkeling van circulaire bouwmaterialen op basis van de Plantics biohars en natuurlijke materialen. Dit bleek een vruchtbare samenwerking: er is een complete set van circulaire bouwmaterialen ontwikkeld – zowel plaatmaterialen als isolatiematerialen – die zijn verwerkt in een full-size bouwelement (zie foto op voorpagina). Een resultaat om trots op te zijn!

In het project zijn we actief ondersteund door de klankbordleden, waarvoor onze hartelijk dank.

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Regeling nationale EZK- en LNV-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. In deze rapportage geven wij een introductie tot het project en presenteren wij de resultaten van het project.

Erik Oesterholt – Projectmanager namens penvoerder Plantics B.V. en het CO₂FIT consortium.

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Regeling nationale EZK- en LNV-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Aanleiding en doelstelling project

In de komende jaren zal er een sterk toenemende vraag zijn naar goed isolerende, duurzame en gezonde bouwmaterialen voor de transformatie van de huidige gebouwde omgeving naar een CO₂-vrije en circulaire gebouwde omgeving. Polyurethaan (PUR) zou hiervoor een ideaal materiaal zijn, omdat het een hoge isolatiewaarde heeft en een goede mechanische sterkte, ware het niet dat PUR geproduceerd wordt van fossiele grondstoffen, gezondheidsrisico's heeft (allergeen) en niet geschikt is voor een hoogwaardige materiaalrecycling. De CO₂-voetafdruk voor PUR bedraagt bovendien meer dan 4 kg CO₂/kg materiaal. Daarnaast is PUR brandbaar en komt bij brand uiterst giftige rook vrij. Er is daarom behoefte aan veilige, niet-fossiele, herbruikbare en recyclebare isolatie- en bouwmaterialen met een lage ecologische en CO₂-voetafdruk die gebruikt kunnen worden in nieuw te ontwikkelen isolerende modulaire bouwelementen, zoals bijvoorbeeld delen van een gevel en een dak. Momenteel zijn dergelijke producten nauwelijks beschikbaar op de markt en is de functionaliteit (nog) onvoldoende. Mogelijke duurzame alternatieven hebben bijvoorbeeld weinig mechanische sterkte, isoleren minder en kosten te veel.

CO₂FIT gaat deze leegte opvullen door het ontwikkelen van isolatie- en bouwmaterialen op basis van natuurlijke materialen die tijdens de groei CO₂ hebben opgenomen en vastgelegd. Deze producten kunnen dienen als alternatief voor bouwmaterialen met PUR en andere bestaande isolatiematerialen zoals minerale wol en EPS. De gebruikte grondstoffen in dit project zijn niet-fossiel en zoveel mogelijk biobased, en afkomstig uit plantaardige reststromen. De in dit project ontwikkelde bouwproducten en processen (inclusief processen voor hergebruik en recycling) maken het mogelijk om de materiaalketen volledig te sluiten. Doordat de te ontwikkelen bouwmaterialen herbruikbaar en recyclebaar zijn, dragen zij bij aan een langdurige koolstofopslag.

De bouwsector zal hierdoor worden omgevormd van één van de grootste CO₂-uitstoters naar een sector die netto CO₂ opslaat. Dit project sluit daarmee aan op de doelstellingen van de subsidieregeling Missiegedreven Onderzoek, Ontwikkeling en Innovatie (MOOI) en het Klimaatakkoord waarin voor de industrie is afgesproken dat deze in 2050 circulair moet zijn, vrijwel geen broeikasgas meer uitstoot en de grondstoffen uit biomassa en reststromen komen.

Projectdoel

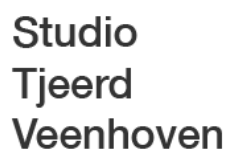
Het op prototype-schaal realiseren van een complete, technisch volwaardige en veilige vervanging van bouwmaterialen met PUR door CO₂-negatieve materialen tegen vergelijkbare kosten. Hierbij worden de bouwmaterialen en modulaire bouwelementen gemaakt van niet fossiele, zoveel mogelijk biobased grondstoffen en zijn deze materialen/elementen herbruikbaar en volledig circulair (recyclebaar).

De onderzoeksactiviteiten in het CO₂FIT project waren gericht op de ontwikkeling van:

- Basismaterialen die CO₂-negatief zijn en de juiste eigenschappen hebben voor toepassing in bouwmaterialen.
- Circulaire, CO₂-negatieve bouwmaterialen en -elementen gemaakt met de basismaterialen ter vervanging van isolerende bouwelementen met PUR en andere niet duurzame isolatiematerialen.
- Processen en machines (lab- en eerste pilotschaal, afhankelijk van materiaal) voor het maken van de basismaterialen, bouwmaterialen en bouwelementen.
- Processen voor hergebruik en recycling van de circulaire bouwproducten.
- Evaluatie van producten en processen op gebied van kosten, CO₂-opslag en circulariteit.

Een korte omschrijving van het project is ook te vinden op de website van [Topsector Energie](#).

Het CO₂FIT-consortium bestond uit de volgende partners:



Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Regeling nationale EZK- en LNV-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Behaalde resultaten

Inleiding

De CO₂FIT producten worden in drie stappen gemaakt. In de eerste stap worden uit grondstoffen (bijvoorbeeld natuurlijke vezels, gerecycled papier) basismaterialen gemaakt. Deze basismaterialen worden in de tweede stap in diverse combinaties samengevoegd tot bouwmaterialen (bijvoorbeeld een houtvezelplaat of een isolatieschuim). Deze bouwmaterialen worden vervolgens weer samengevoegd om zo tot een bouwelement te komen (bijvoorbeeld een gevelelement). Bij de start van het project is een programma van eisen opgesteld waarin de eisen zijn vastgelegd waaraan de te ontwikkelen materialen moeten voldoen. In dit hoofdstuk worden de verschillende activiteiten en de behaalde resultaten beschreven.

Programma van eisen

De eisen die gesteld worden aan de diverse, in het project te ontwikkelen bouwmaterialen en bouwelementen vastgelegd in een Programma van Eisen (PvE). Hierbij is overwogen in welke toepassing de materialen worden gebruikt (bijvoorbeeld gevelpaneel, isolatiemateriaal, wandafwerking) en is rekening gehouden met de geldende eisen vanuit normen, regelgeving en richtlijnen. Ook is specifiek gekeken naar de mogelijke biobased vezelgrondstoffen, waaronder hennep, die als basis kunnen dienen voor de bouwmaterialen.; waar komen deze vandaan, uit welke bestaande ketens, hoe zit het met hun beschikbaarheid, CO₂ uitstoot/vastlegging, en hoe zit het met hun mechanische eigenschappen? Er is ervoor gekozen om de informatie per bouw materiaal/ bouwelement te verzamelen in een materialenmatrix. Deze matrix bevat per bouwelement een overzicht van de eigenschappen van de ontwikkelde materialen en de geldende eisen/normen. Een voorbeeld van deze matrix is weergegeven in figuur 1.

Onderzoeksmatrix CO ₂ FIT																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Matrix - bouwelementen-materialen-grondstoffen																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Gevelpaneel - dampopen																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Gevelpaneel	opbouw materialen (binnengrondstoffen)					productie condities	testen en normen																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
	materiaal	type	laag	vezel			diverse materiaal typen; platen & isolatie materiaal																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
							sterkte, vocht, warmtegeleiding, waterdampdoorlatendheid, brand, biologische duurzaamheid, overige																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
							specifieke test (uit de norm)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
	eisen																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	binnenplaat																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											</

Figuur 1: materialen-matrix zoals ontwikkeld in het project. De matrix bevat per bouwelement een overzicht van de eigenschappen van de ontwikkelde materialen en de geldende eisen/normen.

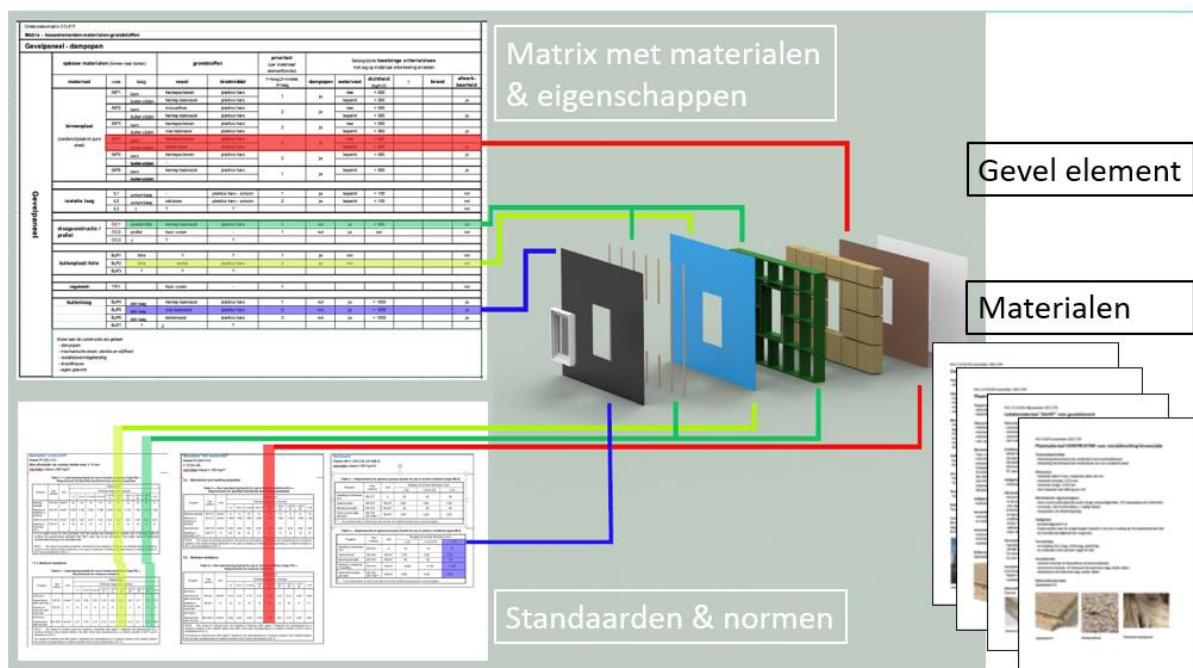
Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Regeling nationale EZK- en LNV-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Naast de materialenmatrix is er onderzocht welk type platen in de bouw en met name houtskeletbouw (HSB) gebruikt (kunnen) worden om zo de vereisten te kennen voor de platen die in het project ontwikkeld worden.

In HSB kan volgens beoordelingsrichtlijn (BRL) 0904 (met aansluiting op het bouwbesluit) het volgende plaatmateriaal worden toegepast:

- Triplex/multiplex (exterieur klasse 3, interieur klasse 4 of 5),
- spaanplaat (constructief: klasse P5, niet constructief: klasse P3),
- OSB (klasse OSB/3 of OSB/4),
- hardboard (Klasse HB H).

De samenhang in het PvE tussen materialen, hun eigenschappen en toepassing, de geldende eisen/normen/richtlijnen en het samenkomen in een bouwelement is weergegeven in figuur 2.



Figuur 2: samenhang in het Programma van Eisen tussen materialen, hun eigenschappen en toepassing, de geldende eisen/normen/richtlijnen en het samenkomen in een bouwelement.

Het Programma van Eisen heeft het projectteam in staat gesteld om in een gestructureerd proces keuzes te maken voor de ontwikkeling van recepten en procedures voor de verschillende materialen waardoor deze voldoen aan de criteria die gesteld zijn voor de beoogde toepassing.

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Regeling nationale EZK- en LNV-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Bouwmaterialen

In dit project is de focus gelegd op twee verschillende soorten bouwmaterialen: isolatieplaten (flexibel en rigide) en constructieve platen.

Isolatieplaten

Voor de ontwikkeling van flexibele isolatieplaten zijn verschillende natuurlijke materialen onderzocht. Zo zijn o.a. houtvezels en lisdoddevezels onderzocht alsmede gerecyclede papiervlokken. De mix van gerecyclede papiervlokken en lisdodde bleek op labschaal het meest veelbelovend en is daarom verder ontwikkeld, waarbij grotere afmetingen/hoeveelheden zijn geproduceerd met lab apparatuur. (zie figuur 4). Het resulterende, goed isolerende plaatmateriaal is toegepast in de bouwelementen. Dit productieproces moet op pilot schaal worden onderzocht in een vervolgproject. Grote uitdaging hierbij is het op grotere schaal efficiënt en effectief mengen van de vezels en de Plantics hars tot een homogeen, consistent mengsel. Daarnaast behoeft de overgang in het proces van mengen van de vezels en biohars naar de vorming en uitharding van de isolatieplaten veel meer onderzoek.

Voor de ontwikkeling van rigide isolatieplaten is gekeken naar een plaat op basis van bioschuim. Voorafgaand en deels parallel aan het CO₂FIT project is het Plantics bioschuim proces onderzocht en ontwikkeld in het TSE project “Biobased schuimtechnologie voor circulaire toepassing in de bouw” (TIND120014). De in dit project ontwikkelde bioschuimen zijn een alternatief voor de kunststof schuimen PUR/PIR/XPS/EPS. In het CO₂FIT project zijn de eerste opschaal experimenten uitgevoerd op 50-100 kg/batch schaal. Hierbij zijn schuimplaten gemaakt van ca. 60 cm x 120 cm. De bioschuimen zijn vervolgens toegepast in de bouwelementen. In een vervolgproject zal verder onderzoek naar het opschalen van het schuimproces moeten worden uitgevoerd. Grote uitdaging hierbij is de overgang in het proces van pre-polymerisatie van de biohars naar de opschuim-stap en uitharding van het bioschuim.

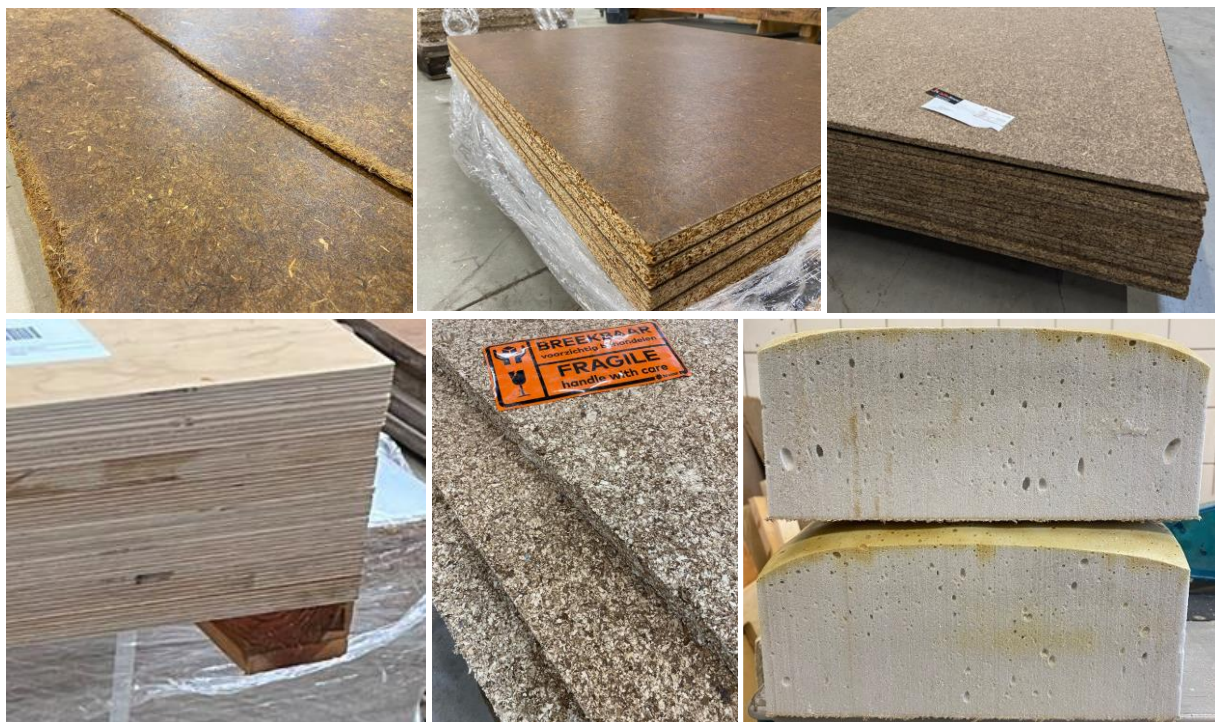
Constructieve plaatmaterialen

Diverse natuurlijke vezels zijn onderzocht op geschiktheid voor toepassing in een constructieve (hout)vezelplaat. Een aantal van deze vezelgewassen is weergegeven in figuur 3.



Figuur 3: voorbeelden van de verschillende alternatieve natuurlijke vezels die zijn geëvalueerd.

De meest geschikte plaatmaterialen zijn opgeschaald naar een eerste pilot schaal, dit heeft geresulteerd in een set van prototype 100% biobased bouwmaterialen: hennep bio-composiet gevelpaneel, hennep-houtvezel-hennep sandwich paneel, houtvezelplaat en multiplex met biohars als binder. In figuur 4 zijn voorbeelden van de ontwikkelde bouwmaterialen weergegeven.



Figuur 4: voorbeelden van de ontwikkelde bouwmaterialen op pilot schaal, boven v.l.n.r.: hennep biocomposiet, hennep sandwichpaneel, houtvezelplaat; onder v.l.n.r.: multiplex, papier-lisdodde isolatieplaat en bioschuim.

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Regeling nationale EZK- en LNV-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Evaluatie van de ontwikkelde bouwmaterialen

De ontwikkelde bouwmaterialen zijn geëvalueerd. Hierbij zijn de relevante materiaaleigenschappen bepaald en vergeleken met het Programma van Eisen. Onderzocht zijn o.a. mechanische eigenschappen zoals buigsterkte en -elasticiteit, internal bond (sterkte interne verlijming) en het zwelgedrag. Daarnaast is ook de UV-bestendigheid onderzocht (met en zonder coating, met en zonder beschadiging). Voor de ontwikkelde isolatiematerialen is de warmtegeleidbaarheid (isolatiewaarde) onderzocht en zijn de dichtheden bepaald. Voorbeelden van de verschillende gebruikte testopstellingen zijn weergegeven in figuur 5.

Uit de testen is gebleken dat de materialen goeddeels voldoen aan de geldende relevante normen. Daar waar nog niet voldaan wordt aan de geldende normen bestaat de overtuiging dat met verdere ontwikkeling wel voldaan kan worden aan de normen.



Figuur 5: testopstellingen bij SHR voor bepalen van (v.l.n.r.): mechanische eigenschappen, UV-bestendigheid en warmtegeleidbaarheid.

Daarnaast zijn de ontwikkelde prototype bouwmaterialen onderzocht op verschillende aspecten die verband houden met gebruik in de praktijk. Hierbij is gekeken hoe de materialen kunnen worden gecombineerd en gemonteerd (schroeven, verlijmen), hoe de verwerkbaarheid van de materialen is (zagen, snijden), hoe de afwerkingsvorm is (zowel binnen als buiten) en hoe de verschillende materialen in de praktijk worden ervaren (esthetiek, geluidsdemping, binnenklimaat). Voor dit onderzoek zijn de verschillende materialen toegepast in een testomgeving: het Fieldlab in Emmen. Hiervoor is ook het juiste verfsysteem geselecteerd en aangebracht. Impressies van het Fieldlab zijn weergegeven in figuur 6.

Vervolgens is onderzocht hoe de nieuwe, biobased materialen verwerkt kunnen worden tot een prototype van een prefab bouwelement. Hierover meer in het volgende hoofdstuk.



Figuur 6: impressies van het Fieldlab in Emmen: de praktijk testomgeving voor de ontwikkelde materialen.

Bouwelementen

Prototype bouwelementen

De ontwikkelde bouwmaterialen zijn verwerkt tot verschillende prototype bouwelementen:

- een gevelelement o.b.v. papier/lisdodde isolatie;
- een gevelelement o.b.v. bioschuim isolatie;
- een binnenwand;
- een sandwich dakelement o.b.v. bioschuim.

In figuur 7 zijn enkele prototype bouwelementen weergegeven.



Figuur 7: verschillende prototypen bouwelementen met v.l.n.r.: ontwerp-tekening van het gevelelement, verschillende gevelelementen in wording en een dak element o.b.v. bioschuim sandwich.

Bij het samenstellen van de verschillende bouwelementen is de verwerkbaarheid van de ontwikkelde prototype materialen getest. Doel hierbij was het testen van de verwerkbaarheid in het bouwproces en kennis op te doen om noodzakelijke technische verbeteringen aan te brengen. Hierbij is gebleken dat de ontwikkelde materialen met reguliere gereedschappen (cirkelzaag, lintzaag, tafelzaag) verwerkt kunnen worden.

Daarnaast zijn ook verschillende bevestigingsmethoden (schroeven, spijkers, houten deuvels, lijmverbindingen) geëvalueerd. De sandwichplaten zijn goed te bevestigen met schroeven. Hierbij

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Regeling nationale EZK- en LNV-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

moeten de schroeven voor de optimale werking door de plaat heen geschroefd worden zodat de schroef door de hennepcomposietlagen heen draait. Daarmee wordt de optimale treksterkte bereikt, waardoor de platen goed vastzitten. Voor de hennepvezelcomposietplaten geldt dat gaten voor schroeven of spijkers voorgeboord moeten worden. Vervolgens moeten de schroeven en spijkers niet te strak door de plaat gedraaid of geslagen worden, omdat dit de plaat kan beschadigen. De houtvezelplaat en het multiplex kunnen goed geschroefd en gespijkerd worden. In figuur 8 zijn voorbeelden van verschillende geteste verbindingmethoden weergegeven.

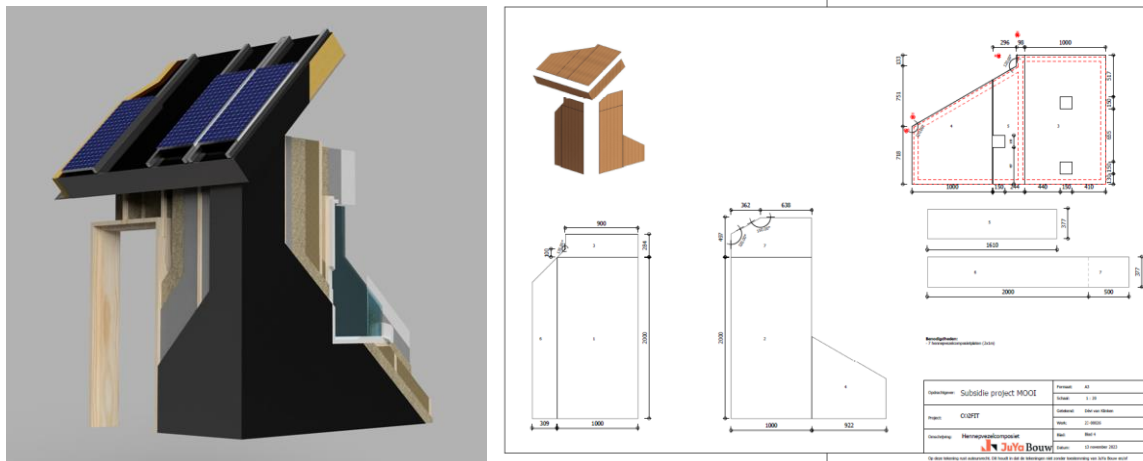


Figuur 8: voorbeelden van geteste verbinding methoden; boven v.l.n.r.: lijmverbinding sandwichpaneel, verschillende schoeven en spijkers om sandwichpaneel aan I-profiel te verbinden; beneden v.l.n.r.: zijaanzicht verschillende schoeven en spijkers om sandwichpaneel aan I-profiel te verbinden, lijmverbinding sandwichpaneel.

Full-size bouwelementen

Na het succesvol maken van de prototype bouwelementen, zijn de ontwikkelde bouwmaterialen tenslotte verwerkt tot full size bouwelementen die samenkomen in 1 structuur met gevelelementen, dakelement en een binnenwand. Hiervoor is door projectpartner Studio Tjeerd Veenhoven een ontwerp gemaakt. Op basis van dit ontwerp heeft Projectpartner JuYa Bouw de bouwtekeningen gemaakt. Het ontwerp en een voorbeeld van de bouwtekening is weergegeven in figuur 9.

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Regeling nationale EZK- en LNV-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.



Figuur 9: ontwerp en voorbeeld van een bouwtekening van het full size bouwelement.

De benodigde bouwmaterialen zijn geproduceerd en vervolgens verwerkt in het full size bouwelement. Figuur 10 laat een impressie zien van het uiteindelijke bouwelement en in figuur 11 zijn enkele details van het full size bouwelement weergegeven.



Figuur 10: impressies van het full size bouwelement.

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Regeling nationale EZK- en LNV-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.



Figuur 11: details van het full size bouwelement.

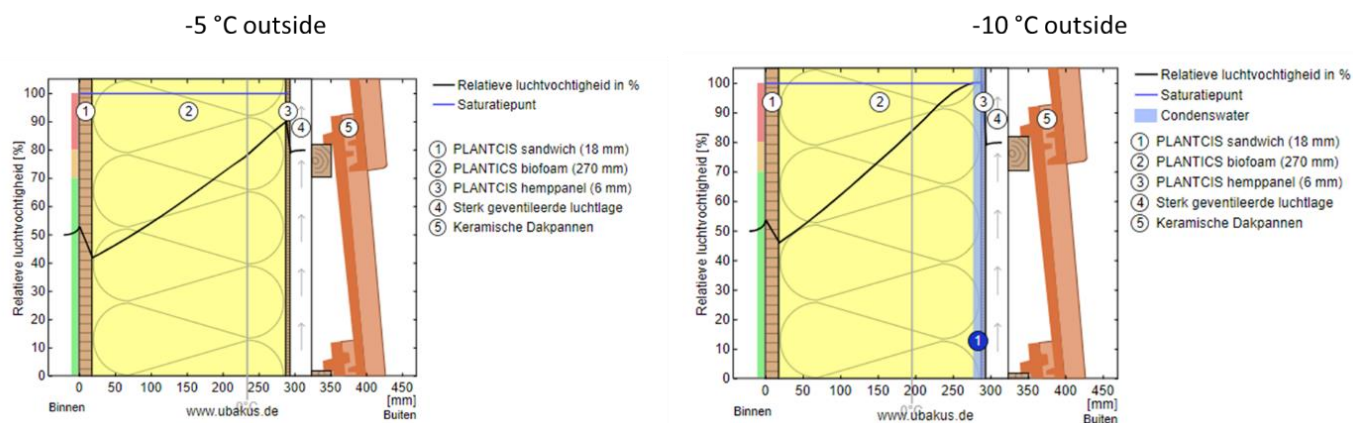
Bouwfysische berekeningen

Het bioschuim sandwich dakelement is doorgerekend op bouwfysische kwaliteiten. Dit is nodig, want bij een onjuiste opbouw is er een risico op interne condensatie van vocht. Deze condensatie kan leiden tot schade op langere termijn (schimmelgroei, verminderde mechanische prestaties). Inwendige condensatie ontstaat als intredend vocht (damp) zich richting koude buitengevel beweegt (bij een lage buitentemperatuur).

De bouwfysische berekeningen zijn gemaakt met de calculatie tool van [Ubakus](#). Hierin is het element gemodelleerd, en gekeken naar de mate waarin waterdamp zich zal verplaatsen van het binnenmilieu met hogere damphoeveelheid naar het drogere buitenmilieu. In het model worden de materiaaleigenschappen – warmtegeleidbaarheid (λ waarde), dampdiffusieweerstand (μ waarde), warmtecapaciteit – ingevoerd (zoals bepaald door SHR), de materiaaldiktes en de binnen - & buitentemperatuur.

Uit de eerste analyses werd duidelijk dat er een mogelijk risico was voor interne condensatie bij een buitentemperatuur van -10°C . Bij een buitentemperatuur van -5°C is het risico op condensatie aanvaardbaar. Dit is weergegeven in figuur 12.

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Regeling nationale EZK- en LNV-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.



Figuur 12: resultaat bouwphysische berekeningen, bij een buitentemperatuur van -5°C treedt geen condensatie op; bij een buitentemperatuur van -10°C bestaat het risico op condensatie.

Dit probleem kan worden opgelost door de dampdiffusieweerstand aan de binnenzijde van de constructie te verhogen en zo bij een buitentemperatuur van -10°C condensatie in het dak-element te voorkomen. Opties hiervoor zijn o.a.: het aanbrengen van een damp-dichte folie (niet wenselijk vanwege het toevoegen van een plastic folie, bovendien gaat het dampopen karakter hiermee verloren), damp-remming door toepassen van een extra beplating (OSB plaat (Oriented Strand Board)), niet wenselijk want extra materiaal gebruik) of het verhogen van de damp-remmende waarde van de binnen beplating. Omdat het huidige materiaal zeer damp-open is, lijkt dit de meest gunstige optie. Zo kan de damp-open eigenschap behouden blijven terwijl condensatie in de constructie wordt voorkomen.

Hergebruik en recycling

Unieke eigenschap van de Plantics biohars is dat deze bij einde levensduur kan worden teruggewonnen en opnieuw kan worden gebruikt voor de vervaardiging van nieuwe materialen. Deze eigenschap is in dit project verder onderzocht en het recyclingproces is verder ontwikkeld voor het hennep biocomposiet en bioschuim. Daarnaast is gekeken naar de logistieke uitdagingen van hergebruik en recycling.

Het onderzoek heeft uitgewezen dat de biohars teruggewonnen kan worden uit het hennep biocomposiet en dat met de teruggewonnen hars nieuwe hennep biocomposiet platen geproduceerd kunnen worden met de gewenste eigenschappen.

Ook voor het bioschuim is gebleken dat dit materiaal volledig kan worden geregenereerd en worden verwerkt tot nieuw bioschuim met vergelijkbare eigenschappen als het origineel. Dat maakt de Plantics biohars technologie uniek en biedt de mogelijkheid werkelijk circulaire producten te ontwikkelen.

Hergebruik en recycling van de materialen en bouwelementen is essentieel voor het sluiten van de keten. In het project is de huidige praktijk van recycling van bouwmaterialen in kaart gebracht. Hierbij is nauw overleg geweest met 2 klankbordleden die actief zijn in de afvalverwerking: PreZero en Renewi. Op basis van de opgedane kennis zijn de volgende onderwerpen geïdentificeerd die essentieel

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Regeling nationale EZK- en LNV-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

zijn voor circulair hergebruik in de toekomst: de identificatie van materialen, het vermogen om materialen te demonteren om een schone stroom te krijgen (ontwerp voor hergebruik), het vermogen om de kwaliteit van de materialen te evalueren voor hergebruik of recycling.

Voor de bouwmaterialen op basis van de Plantics biohars zal het belangrijk zijn om een methode te implementeren om ze in de toekomst te kunnen identificeren en onderscheiden van materialen op basis van een andere binder. Het is op dit moment nog niet aan te geven wat de voorkeurstecnologie zal zijn, maar de volgende technieken kunnen hierbij interessant zijn: het materialenpaspoort - inclusief de informatie in de bouwvergunning -, een watercode of QR-code. De belangrijkste uitdaging hierbij is om toegang te hebben tot de relevante product informatie op het moment van vrijkomen van deze materialen bij de sloop aan het einde van de levensduur van een gebouw, 50 - 70 jaar na constructie.

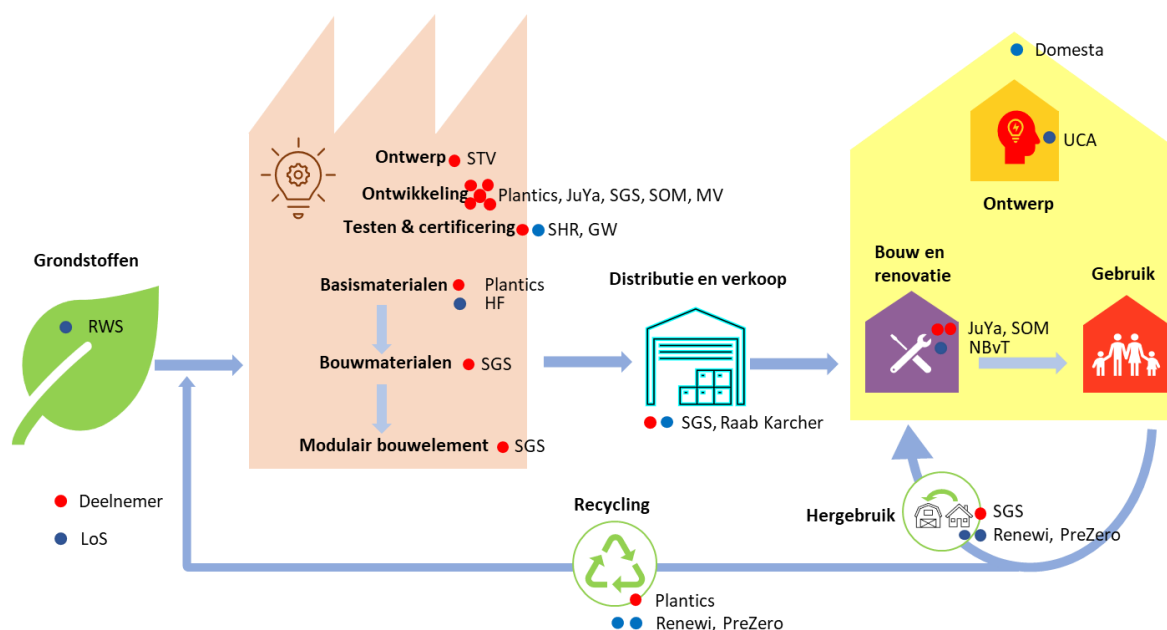
Het tweede belangrijke onderwerp is hoe de materialen worden geassembleerd. Om materialen te kunnen hergebruiken of recyclen, moeten ze gemakkelijk te demonteren zijn. Tijdens de gesprekken met PreZero en Renewi is duidelijk geworden dat bouwmaterialen, vervuild met bijvoorbeeld lijm in de hoofdcontainer worden gegooid en dat het daardoor erg moeilijk is om ze daarna weer terug te krijgen. De meeste materialen worden inderdaad gesorteerd op basis van hun fysische eigenschappen zoals magnetisme, dichtheid, kleur. Het lijkt vandaag onwaarschijnlijk dat we de materialen die Plantics-hars bevatten kunnen terugwinnen als ze rechtstreeks in de afvalsorteerketen terecht komen. Het is dus belangrijk om deze materialen van de rest te scheiden.

Kijkend naar de toekomst, zien we dat de toeleveringsketen voor circulaire sloop steeds beter wordt en ook al is de markt voor hergebruik van bouwmaterialen vandaag nog klein en alleen voor zeer specifieke elementen (zoals ramen, deuren, constructie-delen), de verwachting is dat deze in de toekomst zal groeien.

Routekaart circulaire bouwsector

In dit project zijn alle betrokkenen in de waardeketen van grondstof tot gebouw vertegenwoordigd. Hetzij als projectpartner, hetzij als klankbordgroeplid. De waardeketen in de bouwsector in een circulaire economie is weergegeven in figuur 13.

De keten begint bij de grondstoffen. Vanuit de grondstoffen zijn in dit project basismaterialen, bouwmaterialen en bouwelementen ontworpen, ontwikkeld en getest (bovenste deel "fabriek"). Na succesvolle ontwikkeling zijn de materialen geproduceerd door de diverse partners (onderste deel "fabriek"). Hierbij is ook gekeken naar de verwerkbaarheid van de ontwikkelde materialen. Via distributie zijn de materialen klaar voor gebruik in gebouwen. Bij het bouwen en renoveren van deze gebouwen zijn diverse partijen betrokken (zoals woningbouwverenigingen als opdrachtgevers, architecten voor ontwerp en aannemers voor het bouwen/renoveren), deze staan weergegeven in het gele gebouw. De materialen die vrijkomen bij de sloop van een gebouw kunnen na bepaalde scheidingsprocessen eerst worden hergebruikt in de bouw en aan het einde van hun technische levensduur gerecycled als basismaterialen en/of grondstoffen.



Figuur 13: waardeketen in de bouwsector in een circulaire economie met projectdeelnemers.

Elke stap in deze waardeketen is in dit project vertegenwoordigd door één of meerdere partijen. Dit is weergegeven met de rode en blauwe stippen: de projectpartners zijn weergegeven met rode stippen, de klankbordleden met de blauwe stippen.

Dat is de grote kracht gebleken van dit project. Door deze opzet en combinatie van expertises zijn alle relevante aspecten in elke fase in de levensduur van de bouwmaterialen meegenomen in het project. Dit heeft geleid tot een reeks aan veelbelovende, circulaire bouwmaterialen die zijn verwerkt in een prachtig full-size model. Een resultaat om trots op te zijn.

Klankbordgroepbijeenkomsten

De klankbordgroep is opgericht om direct feedback te ontvangen van de betrokken spelers in de waardeketen. In het project zijn 3 klankbordgroepbijeenkomsten geweest waarin de resultaten zijn gedeeld met de klankbordgroepleden en terugkoppeling is gevraagd van de klankbordgroepleden over de richting en de resultaten van het project. In figuur 14 is een impressie gegeven van de klankbordgroepbijeenkomst in 2022 in het Fieldlab in Emmen temidden van de ontwikkelde materialen. In figuur 15 is een impressie gegeven van de klankbordbijeenkomst in 2023 bij Plantics in Arnhem.

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Regeling nationale EZK- en LNV-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.



Figuur 14: impressies van de tweede klankbordgroep vergadering in het FieldLab te Emmen op 28 juni 2022.



Figuur 15: impressie van de derde klankbordgroep vergadering bij Plantics in Arnhem op 27 juni 2023.

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Regeling nationale EZK- en LNV-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Conclusie

In het project is een aantal veelbelovende bouwmaterialen ontwikkeld op basis van de Plantics biohars technologie. De materialen voldoen goeddeels aan de geldende relevante normen. Daar waar nog niet voldaan wordt aan de geldende normen, bestaat de overtuiging dat met verdere ontwikkeling wel voldaan kan worden aan de normen. Een resultaat waar het consortium met recht trots op mag zijn. De productieprocessen voor constructieve plaatmaterialen zijn opgeschaald van lab-schaal naar een eerste pilot-schaal en de ontwikkelde materialen zijn verwerkt in een full-size bouwelement (figuren 10 & 11). De productieprocessen voor het maken van isolatiematerialen (gerecycled papier/lisdodde isolatieplaat en bioschuim) moeten in vervolgprojecten verder worden onderzocht en opgeschaald. De verwerkbaarheid van de ontwikkelde materialen is vergelijkbaar met bestaande conventionele materialen en de materialen blijken in een praktijktest (Fieldlab Emmen, figuur 6) uitstekend te voldoen.

De unieke eigenschap van de Plantics biohars is dat deze bij einde levensduur van de materialen teruggewonnen kan worden en kan worden hergebruikt bij de vervaardiging van nieuwe materialen. Het onderzoek in dit project heeft uitgewezen dat de biohars teruggewonnen kan worden uit een hennep biocomposiet en bioschuim, en dat met de teruggewonnen hars nieuwe hennep biocomposiet- en bioschuimplaten geproduceerd kunnen worden met de gewenste eigenschappen. Dit betekent dat de producten op basis van de biohars volledig recyclebaar zijn. Dit is een unieke eigenschap voor een thermoset hars en biedt unieke mogelijkheden om werkelijk circulaire producten te ontwikkelen. Hierdoor kan de bouwsector op termijn van een grote CO₂ uitstoter een sector worden die CO₂ onttrekt aan de atmosfeer en voor langere tijd vastlegt in de gebruikte materialen in de gebouwde omgeving. Dat is een groot voordeel t.o.v. veel van de bestaande conventionele bouwmaterialen.

Kijkende naar de kostprijs van de ontwikkelde materialen (een belangrijke factie voor acceptatie), dan zien we dat de meeste ontwikkelde duurzame bouwmaterialen nog niet altijd een concurrerende business case kunnen neerzetten. Het CO₂FIT-consortium heeft echter laten zien dat met de biobased technologie van Plantics een competitief product op de markt gezet kan worden.

Vervolgstappen

In dit project zijn circulaire constructieve plaatmaterialen ontwikkeld, opgeschaald (eerste pilot schaal) en toegepast in full-size bouwelementen. De volgende stap is het demonstreren van het maken van deze materialen. Hiervoor zullen de geschikte partners gezocht moeten worden. Daarnaast zal onderzocht moeten worden wat benodigd is voor acceptatie van deze nieuwe producten in de conservatieve bouwwereld (normeringen, certificeringen, registraties).

Opschaling van het productieproces voor het maken van isolatiematerialen uit (rest)vezels op basis van Plantics hars als binder verdient onderzoek en ontwikkeling in een vervolgproject. Hetzelfde geldt voor het Plantics bioschuim proces.

Het principe van terugwinning en hergebruik van de Plantics hars bij einde levensduur van de materialen is in dit project aangetoond. De ontwikkeling van grotere schaal recycling processen vergt

nog nader onderzoek. Daarnaast zal in de toekomst de inzameling van materialen bij sloop erop gericht moeten zijn de vrijkomende materiaalstromen te scheiden om ze te kunnen recycleren. Ontwerp voor demontage en identificatie van vrijkomende materialen bij sloop zijn belangrijke randvoorwaarden voor effectief hergebruik / recycling.

Bijdrage CO₂FIT aan MOOI-doelstellingen

Met de ontwikkeling van veilige CO₂ negatieve, circulaire producten ter vervanging van producten met PUR in de bouw sluit het project nauw aan bij de doelstellingen van het MOOI thema 'Industrie' en specifiek bij het innovatiethema Circulaire kunststoffen (MMIP 6.1). Centrale doelstelling van Missie C Industrie is een bloeiende, circulaire en mondiaal toonaangevende industrie waar in 2050 de uitstoot van broeikasgassen nagenoeg nul is. Grondstoffen, producten en processen moeten netto klimaatneutraal en circulair worden met als ambitie om in 2050 100% circulair te zijn. Zodoende is het terugdringen van de CO₂-emissies als gevolg van de productie en het gebruik van nieuwe materialen en producten van belang. Dit moet gebeuren langs drie strategische lijnen van re-design, re-use, en recycling.

Het project heeft CO₂-negatieve isolatiematerialen, bouwmaterialen en -producten op lab- en pilotschaal geproduceerd die herbruikbaar/recyclebaar zijn, de juiste (isolatie) kwaliteit hebben, en veilig kunnen worden toegepast. Het project is veel aandacht besteed aan het zogenaamde "circular by design" principe. Hiermee heeft het project een belangrijke bijdrage geleverd aan de doelstellingen van het MOOI-programma.

Spin-off binnen en buiten de sector

Niet van toepassing.

Openbare publicaties

Artikelen:

- "De bouw verduurzamen met biohars", vakblad Aannemer, nr. 2, maart 2022. ([Artikel-Bouwgroep-Emmen-in-Aannemer-2022-02-280322.pdf](#))
- "Verduurzamen van biohars is het bouwen van de toekomst", RVO, 4 april 2022.
- "[Biobased bouwen als ecologische proeftuin](#)", Toolz, november 2022.

Film/video:

- "[Het huis van de toekomst](#)" NL Onderneemt #27 met het ministerie van Economische Zaken en Klimaat, oktober 2022
- CO₂FIT project evaluatie film, projectwebsite: www.co2fit-project.nl, december 2023.

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Regeling nationale EZK- en LNV-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Vermelding van waar meer exemplaren van dit rapport te bestellen zijn

Plantics B.V.
Erik Oesterholt
Westervoortsedijk 73 BF
6827 AV Arnhem
Telefoon: 026-3036040

Contactpersoon voor meer informatie

Plantics B.V.
Erik Oesterholt
Westervoortsedijk 73 BF
6827 AV Arnhem
Telefoon: 026-3036040