

## Samenvatting

*De Windesheim-methode van structureel hergebruik van End-of-Life (EoL) thermoharde composieten levert een circulaire oplossing voor de thermoharde composiet-industrie. Van EoL-materiaal worden nieuwe composiet-producten gemaakt. Dit bespaart op het gebruik van waardevolle nieuwe (virgin) grondstoffen en gebruikt goede eigenschappen van het EoL-materiaal die nog steeds aanwezig zijn na gebruik. Met deze methode kunnen EoL-composieten van windmolen-rotorbladen en polyester bootrompen omgezet worden in nieuwe composietproducten die geschikt zijn voor infrastructurele toepassingen door de hoge mechanische sterkte en de lange-duur bestendigheid tegen het buitenklimaat. Full-scale demonstrators hebben de technische werking bewezen. Kosten-efficiënte productie is ontwikkeld en kan nu worden opgeschaald. Als de levenscyclus (LCA) wordt beschouwd van thermoharde composieten dan is deze methode de goede manier voor duurzame circulariteit.*

## Hard plastic is domweg niet volledig circulair

Composieten waartoe ook polyester behoort, zijn sterke, lichte en lang meegaande weerbestendige constructiematerialen. Ze hebben een unieke plaats verworven voor het maken van polyester jachtrompen, rotorbladen van windmolens en diverse andere toepassingen als carrosserie- en silobouw. Omdat composieten zijn opgebouwd uit versterkingsvezels in een onomkeerbaar chemisch uitgeharde kunststof zijn ze echter niet meer te recyclen tot de oorspronkelijke grondstoffen. Van tijd tot tijd verschijnen publicaties waarin pyrolyse als ultieme recycling oplossing wordt aangedragen, maar dit blijkt naderhand toch niet het geval, of dit gaat gepaard met zodanige nadelen dat dit niet als structurele oplossing kan worden aangemerkt. De onmogelijkheid van volledige circulariteit is lange tijd een probleem geweest om deze materialen circulair toe te passen.

## Wegstoppen in beton

Daarmee is echter niet gezegd dat elke vorm van hergebruik is uitgesloten. Sinds 2012 is er de zgn. 'Cement-Kiln route' voor het verwerken van composieten. Deze methode is door de Europese branchevereniging EuCIA geaccepteerd als methode voor het recyclen van End-of-Life (EoL) composieten. Binnen de EU is een krachtige lobby gaande om deze route ook politiek aanvaard te krijgen. In deze methode wordt de composiet nuttig gebruikt door deze te verwerken in cementovens. De kunststof wordt verbrand en levert verbrandingsenergie en de overblijvende vezelfractie (meestal glasvezel) fungeert als additief voor het cement. De gedachte zou kunnen zijn dat hiermee het probleem van EoL composieten is opgelost. Maar de Cement-Kiln route is kostbaar en de kosten om bij de poort aangeleverde polyester sloopobjecten te verwerken tot vezelfracties bedragen al snel € 450 per ton. Omdat het domweg storten (landfill) ongeveer de helft kost en de cementindustrie niet voor deze toevoeging wil betalen, wordt deze route daarom maar op beperkte schaal toegepast. De

verkleining tot pellets die verbrand kunnen worden leidt regelmatig tot technische problemen en daarbij komt veel ongezond stof vrij. Bovendien is er geen controle meer over de circulariteit van het composiet als deze in cement is verwerkt. Immers wanneer de constructies die met dit cement zijn vervaardigd na verloop van tijd worden gesloopt, komen de vezelfracties alsnog vrij in het milieu.

### De Windesheim methode voor hergebruik

Hogeschool Windesheim heeft vanaf 2015 een alternatieve meer duurzame methode van hergebruik van composiet ontwikkeld. Het principe bestaat uit het met beleid shredderen van het EoL composiet tot vlokken die als versterking en vulmateriaal worden gebruikt in nieuwe kunststoffen producten. Met deze vlokken kunnen weliswaar niet meer de oorspronkelijke composietproducten (bijvoorbeeld bootrompen of rotorbladen) worden gemaakt, maar wel grovere producten als profielen en balken voor weg en waterbouw- bouw en beschoeiingen.



***Voorbeelden van full-scale demonstrators: oeverbeschoeiing en geleidings-constructie.***

Dergelijke producten die nu vaak van tropisch hardhout (w. Afrikaans Azobe) zijn gemaakt, worden vervangen door een duurzaam product dat met name in vochtige toepassingen bijna dubbel zo lang als hardhout meegaat. Ook kunnen er dwarsliggers van gemaakt worden voor het spoor. Maar ook producten als rijplaten en watervaste timmerpanelen kunnen uit hergebruikt composiet worden gemaakt. Aan het eind van de gebruiksduur kunnen deze hergebruikte composietproducten opnieuw worden hergebruikt met deze methode. Volledig circulair dus.

### Uitstekende mechanische prestatie

Uit wetenschappelijk onderzoek is inmiddels gebleken dat de mechanische eigenschappen en de hanteerbaarheid van hergebruikte composietproducten tenminste vergelijkbaar zijn met de producten uit tropisch hardhout. Windesheim heeft met waterbeheerders en met de NS diverse demonstrators gebouwd, waaronder een beschoeiingswand in Almere in 2017, en de technische werking aangetoond. Ook is gebleken dat eventuele verontreiniging van de in gelamineerde vlokken niet uitloopt.

Het bedrijf Circulair Recycling Company (CRC) in de Botlek heeft inmiddels een industriële installatie die volop in bedrijf is met het verwerken van diverse EoL composietproducten tot vlokken als goed verwerkbare grondstof voor nieuwe producten. Bijzonder aan deze installatie is dat het stof dat normaal bij het schredderen vrijkomt wordt afgevangen en verwerkt tot een pyrolyse olie. Er lijkt een goede markt aanwezig voor deze producten. Wat nog ontbrak is de faciliteit voor de verwerking van de vlokken tot de genoemde profielen en balken op industriële schaal. Hiervoor is een machine nodig, een zgn. compounder, die de vlokken mengt met hars en dit onder gelijktijdige toevoer van glasvezelmatten in een continu industrieel pultrusie proces verwerkt tot de genoemde profielen en balken. Een dergelijke ontwikkeling valt buiten de scope van Hogeschool Windesheim. Echter recent heeft een industriële start-up in Rotterdam de uitdaging opgepakt om de geschredderde vlokken afkomstig van windturbinebladen, bouwafval, kunststof bootrompen en industriële producten om te zetten in circulaire oplossingen voor bouw en infrastructuur. Het eerste product de rPlank, is nu klaar voor commerciële productie.



## Resume

Met deze methode van structureel hergebruik blijft de composiet-structuur intact. Het EoL-product is bewerkt tot kleinere elementen, zoals strippen of vlokken met een hoge L/D-verhouding en deze elementen bezitten nog steeds de oorspronkelijke composiet-eigenschappen. Vervolgens moeten deze elementen worden ingebed in een nieuwe hars voor een consistent en sterk nieuw product. Tevens wordt het product voorzien van een nieuwe composiet-buitenmantel om gedurende de levensduur breuk-initiatie vanaf de buitenkant te voorkomen. Ook kan met deze composiet buitenmantel het product dusdanig worden ontworpen dat het de benodigde mechanische prestatie zal hebben voor de toepassing. Met deze methode van hergebruik worden profielen vervaardigd die een hoge sterkte en buitenbestendigheid hebben en daarmee geschikt zijn voor infrastructurele toepassingen als damwanden. Voor een efficiënt productieproces is een continu proces ontwikkeld dat is gebaseerd op traditionele pultrusie. Aan het eind van de gebruiksduur van deze producten kan de methode van structureel hergebruik opnieuw worden toegepast hetgeen eindeloze circulariteit mogelijk maakt. Ook al zijn kleine hoeveelheden nieuwe hars en nieuwe vezelversterking nodig in combinatie met de EoL-elementen, de nieuwe composietproducten kunnen worden gemaakt met een aanzienlijke hoeveelheid EoL-materiaal, ongeveer 70 % van het gewicht van het nieuwe product, waardoor het gebruik van nieuwe materialen sterk is gereduceerd.

Dr. Ir. Albert ten Busschen, Associate Lector van het Lectoraat Kunststoftechnologie van Windesheim [a.ten.busschen@windesheim.nl](mailto:a.ten.busschen@windesheim.nl)

### Referenties:

- Revolutionary re-use of polyester boats The Report, Issue 81, September 2017, pp. 50-55 (A. ten Busschen)
- Industrial Re-Use of Composites Reinforced Plastics, Volume 64, No. 3, May/June 2020, pp. 155-160 (A. ten Busschen)
- Industrial Re-Use of Composites Waste Material Recycling in the Circular Economy – Challenges and Developments, pp. 199-215 Ed. Dimitris Achilias, 2022 . ISBN 978-1-83969-681-7 (A. ten Busschen)