

INNOVATIE NU

december 2025

16

GEMAAKT MET
CIRCULAIR
DENKEN

Ontdek de
kracht van AI
in de productie!

*Of u nu net begint met het verkennen van AI of het
potentieel ervan al aan het testen bent, de*

AI Guide

*biedt het inzicht en de structuur die nodig zijn om
met vertrouwen vooruitgang te boeken.*

Of het nu gaat om machine learning, voorspellend onderhoud, generative AI of kwaliteitscontrole verbeterd door AI; de AI Guide legt de basis voor intelligente en duurzame groei.

Belangrijkste voordelen:

- Een duidelijk overzicht van hun huidige gereedheid voor AI
- Een op maat gemaakt stappenplan dat aansluit op specifieke bedrijfsdoelen
- Meer duidelijkheid over waar AI de meeste waarde kan creëren
- Praktische ervaring met de belangrijkste tools om de implementatie te starten

**Laten we samen AI-potentieel
omzetten in meetbare vooruitgang!**



fip@utwente.nl



+31 (0)53 – 489 1818



Beste lezer,

De productiesector staat op een cruciaal kruispunt. Decennialang heeft de productie vooruitgang, welvaart en innovatie gestimuleerd, maar vaak ten koste van de eindige hulpbronnen van onze planeet. Vandaag de dag geeft een nieuwe filosofie een nieuwe vorm aan de manier waarop we dingen maken: een circulaire benadering. Deze beweging gaat niet alleen over efficiëntie of winst. Het gaat om het ontwerpen van processen die de wereld waarop we vertrouwen in stand houden, herstellen en regenereren.

Remanufacturing vormt de kern van deze transformatie en van de artikelen in dit nummer. Door gebruikte producten in “zo goed als nieuwe” staat te herstellen, kunnen fabrikanten materiaalverspilling, energieverbruik en CO₂-uitstoot verminderen. Het maakt van het einde van de levensduur een nieuw begin, waardoor waardevolle materialen in omloop blijven in plaats van dat ze verloren gaan. Er is zelfs de mogelijkheid om producten tijdens dit proces te upgraden (beter dan nieuw). Een circulaire aanpak vereist ook dat we beter kijken naar de producten die we weggooien. Een grondige analyse van afgedankte producten kan het potentieel voor hergebruik, reparatie en revisie aan het licht brengen.

In deze uitgave van InnovatieNU zien we de waarde van circulariteit op gebieden variërend van het reconditioneren van loodzuuraccu's, het verlengen van de levensduur van componenten door middel van additive manufacturing, tot de ontwikkeling van digitale productpaspoorten. Het bevorderen van circulariteit vereist inspanningen van een breed scala aan

belanghebbenden in de maakindustrie. Het is geen zaak van één partij. Van beleidswijzigingen tot academisch onderzoek en verschillende sectoren van de industrie, van verpakkingen tot gezondheidszorg. De diversiteit aan inspanningen is gebundeld in de artikelen die u gaat lezen om uw inzicht in de mogelijkheden te vergroten en u te inspireren voor uw volgende stappen.

“Gemaakt met circulair denken” is meer dan een inspirerende slogan; het is een oproep tot actie. Het is het bewijs dat innovatie en verantwoordelijkheid hand in hand kunnen gaan en dat de fabrikanten van morgen niet alleen producten kunnen bouwen, maar ook een duurzame toekomst voor iedereen. Beschouw dit nummer als een uitnodiging om opnieuw na te denken over de manier waarop we waarde creëren en om een toekomst op te bouwen waarin productie en duurzaamheid hand in hand gaan.

IAN GIBSON

*Directeur
Fraunhofer Innovation Platform
for Advanced Manufacturing
at the University of Twente*

ESTEFANÍA MORÁS JIMÉNEZ

*Research Engineer
Fraunhofer Innovation Platform
for Advanced Manufacturing
at the University of Twente*

InnovatieNU is een magazine dat drie keer per jaar wordt uitgebracht door het Fraunhofer Innovation Platform for Advanced Manufacturing at the University of Twente (FIP-AM@UT). Het magazine is speciaal ontwikkeld voor de maakindustrie en bevat content over Advanced Manufacturing-tools en -technologieën.

De online uitgave is te vinden op <https://fip.utwente.nl/knowledge-hub/magazine/>

InnovatieNU Team

Editor-in-chief

Ian Gibson

Managing Editor

Estefanía Morás Jiménez

Design

Ale Sarmiento Casas

Estefanía Morás Jiménez

Contributor Management

Björn Nijhuis

Graag bedanken wij onze partners die een bijdrage hebben geleverd aan de zestiende editie van InnovatieNU::

Innoboost

Erasmus University Rotterdam

EIT Manufacturing South East

f3nice

Guaranteed

NXTGEN Hightech

Right to Repair Europe

Riwald

Saxion

Teaching Factory

TPRC - ThermoPlastic
Composites Research
Center

Universiteit Twente

Contactgegevens

Fraunhofer Innovation Platform for
Advanced Manufacturing at the University of Twente
Hengelosestraat 701
7521 PA Enschede

T: 053 489 1818

E: media-fip@utwente.nl

Wij willen de volgende organisaties graag
bedanken voor hun steun:



Twente
Board

Copyright en voorwaarden

© Fraunhofer Innovation Platform for Advanced Manufacturing at the University of Twente, 2025

Het is toegestaan om een artikel uit InnovatieNU te kopiëren, te delen, of een deel te citeren, zolang er een link naar het originele (online) artikel uit InnovatieNU bijgevoegd wordt en de uitgever hiervan op de hoogte gesteld wordt via media-fip@utwente.nl. FIP-AM@UT is niet verantwoordelijk voor eventuele onjuistheden in deze editie. FIP-AM@UT is niet verantwoordelijk voor eventuele acties of handelingen uitgevoerd door derden naar aanleiding van het lezen van deze publicaties.

Gedrukt door Drukkerij te Sligte BV, Marssteden 31, 7547 TE Enschede, december 2025

Gedrukt op FSC gecertificeerd papier

INHOUD

1

Add-reAM

BUILDING A CIRCULAR FUTURE THROUGH
ADDITIVE REMANUFACTURING

FEATURED

LESSONS LEARNED

5 DESIGNING FOR REPAIR

LESSONS FROM THE EU'S RIGHT TO REPAIR
MOVEMENT

8 ADAPTIVE LAW AND REMANUFACTURING

IN THE CIRCULAR ECONOMY

10 CIRCULAR CARE IN PRACTICE

REUSE AND REMANUFACTURING AS A KEY TO
SUSTAINABLE HEALTHCARE

13

AMC NU

BESPREEK UW
INNOVATIE-IDEEËN
MET VINCENT

SUSTAINABILITY

15 RETHINKING WASTE

HOW SIMULATION IS POWERING
A NEW ERA IN REMANUFACTURING

TECHNOLOGY & INNOVATION

17 REMANUFACTURING AT SPEED

WHAT EUROPE CAN LEARN FROM CHINA'S TECH
ECOSYSTEM

19 REMANUFACTURING FOR GOOD EXTENDING COMPONENT LIFE THROUGH HYBRID ADDITIVE MANUFACTURING

23 WHEN EQUIPMENT LIVES TWICE HOW REFURBISHMENT CREATES VALUE FOR BUSINESS AND THE EARTH

25 ENABLING SAFE AND EFFICIENT BATTERY DISASSEMBLY THROUGH DIGITAL BATTERY PASSPORT

29 FLEXIBLE REMANUFACTURING USING AI AND ADVANCED ROBOTICS FOR CIRCULAR VALUE CHAINS IN EU INDUSTRY

33 FROM SCRAP TO STORAGE GIVING OLD LEAD-ACID BATTERIES A SECOND LIFE

35 THE IMPORTANCE OF CHOOSING A METAL ADDITIVE MANUFACTURING SERVICE PROVIDER

39 RECYCLING AND REPAIR OF THERMOPLASTIC COMPOSITES AT TPRC

43 ROBOTIC PIN PICKING

Add-reAM

Bouwen aan een
circulaire toekomst
door middel van
*Additive
Remanufacturing*



De Nederlandse maakindustrie loopt voorop in de Europese transitie naar een circulaire economie. Toch staat de sector nog steeds voor een cruciale uitdaging: hoe kan het lineaire model van 'maken, gebruiken, weggooien' worden omgezet in een model waarin materialen en producten zo lang mogelijk in gebruik blijven? Een nieuw nationaal onderzoeks- en innovatie-initiatief, Add-reAM, wil hier een antwoord op geven.

Add-reAM, wat staat voor **Advancing the Dutch Circular Economy through Additive Manufacturing: Strategies**

for Repair and Remanufacturing using AM, heeft 6,8 miljoen euro ontvangen in het kader van de programmalijs Onderzoek op Routes door Consortia binnen de nationale wetenschapsagenda (NWA-ORC 2024). Onder leiding van professor Ian Gibson van de Universiteit Twente en in samenwerking met het Materials Innovation Institute (M2i) brengt het project de belangrijkste universiteiten en grote industriële partners van het land samen. Hieronder vallen SKF, Signify, RAMLAB, Capgemini Engineering, Repair Cafe en Allseas, die samenwerken met gemeenten en kennisinstellingen.

Hun gezamenlijke missie is duidelijk: reparatie tot de nieuwe norm maken en remanufacturing tot de drijvende kracht achter een duurzame, circulaire productie-industrie.

Van lineaire naar circulaire productie

Traditionele productieprocessen zijn, zelfs wanneer ze worden ondersteund door geavanceerde recyclingsystemen, vaak verspillend. Waardevolle materialen, ingebedde energie en technologische knowhow gaan verloren wanneer producten het einde van hun eerste levensduur bereiken. Recycling kan een deel van deze waarde terugwinnen, maar vaak gebeurt dit door middel van downcycling, waarbij materialen en componenten aan kwaliteit en bruikbaarheid inboeten.

Add-reAM biedt een andere aanpak. Door gebruik te maken van additive manufacturing (AM), ook wel bekend als 3D-printen, kunnen onderdelen worden herbouwd, geüpgraded en hergebruikt in plaats van weggegooid. AM maakt een snelle, lokale productie van reserveonderdelen mogelijk en opent nieuwe mogelijkheden voor reparatie en herfabricage in sectoren zoals de lucht- en ruimtevaart, het spoorvervoer en zware machines.

De doelstellingen van het consortium zijn ambitieus maar meetbaar. Add-reAM streeft ernaar om productieafval met 30 procent te verminderen, onderhoudstijd met 20 procent te verkorten en CO₂-uitstoot en elektronisch afval met 20 procent te verminderen. Deze cijfers geven niet alleen de milieuvoordelen aan, maar ook de operationele en financiële waarde van circulaire productie.

“Additive manufacturing stelt ons in staat om de manier waarop we producten maken en onderhouden te herzien”, zegt professor Gibson. “In plaats van te ontwerpen voor veroudering, kunnen we ontwerpen voor een lange levensduur. Door reparatie en herfabricage in productiesystemen te integreren, verminderen we afval en versterken we de industriële veerkracht.”

Technologie ontmoet intelligentie

Additive Manufacturing is al goed ingeburgerd in prototyping en gespecialiseerde productie. Add-reAM wil dit opschalen en integreren in de reguliere industriële activiteiten. Om dit te bereiken, combineert het project geavanceerde 3D-printtechnieken met

kunstmatige intelligentie en digitale kwaliteitsbewaking.

AI-ondersteunde tools helpen fabrikanten om op basis van data beslissingen te nemen over wanneer en hoe onderdelen moeten worden gerepareerd. Ze kunnen slijtage en defecten voorspellen, optimale reparatiestrategieën aanbevelen en ervoor zorgen dat gereviseerde onderdelen voldoen aan de oorspronkelijke prestatienormen of deze zelfs overtreffen.

Tegelijkertijd zullen ontwerprichtlijnen voor 3D-printbare reserveonderdelen bedrijven helpen hun digitale voorraden te standaardiseren en hun logistiek te vereenvoudigen. Dit maakt gedecentraliseerde en on-demand productie mogelijk, waardoor er minder behoefte is aan grote magazijnen vol met zelden gebruikte onderdelen.

Voor bedrijven die actief zijn in hoogwaardige sectoren zoals lucht- en ruimtevaart of maritieme techniek, waar stilstand kostbaar is en de beschikbaarheid van onderdelen cruciaal is, biedt de combinatie van AM en AI een aanzienlijk concurrentievoordeel.

In plaats van te ontwerpen voor veroudering, kunnen we ontwerpen voor een lange levensduur. Door reparatie en herfabricage in productiesystemen te integreren, verminderen we afval en versterken we de industriële veerkracht.

Een businesscase voor duurzaamheid

Circulaire productie wordt vaak gezien als een duurzaamheidsinitiatief, maar Add-reAM positioneert dit nadrukkelijk als een zakelijke kans. De Nederlandse maakindustrie biedt werk aan meer dan 600.000 mensen en draagt jaarlijks ongeveer 47 miljard euro bij aan de economie. Toch blijft deze sector zeer grondstofintensief. Door productieprocessen te herzien, kunnen bedrijven kosten besparen, hun efficiëntie verbeteren en zich weerbaar maken tegen verstoringen in de wereldwijde toeleveringsketen.

Additive Manufacturing maakt het mogelijk om dichterbij de plaats van bestemming te produceren. Reserveonderdelen kunnen lokaal worden geproduceerd, vaak binnen enkele uren in plaats van weken, waardoor de logistieke kosten en de afhankelijkheid van internationale leveranciers worden vermindert. Voor grote industriële spelers opent dit de deur naar nieuwe, op diensten

gebaseerde bedrijfsmodellen, waarbij de focus verschuift van de verkoop van nieuwe onderdelen naar het verlengen van de levensduur van bestaande onderdelen.

Ook kleine en middelgrote ondernemingen kunnen hiervan profiteren. AM-technologieën worden steeds toegankelijker en betaalbaarder, waardoor mkb'ers niche-reparatie- en revisiediensten kunnen aanbieden die voorheen buiten hun bereik lagen. Door lokale productie te combineren met digitaal ontwerp en data-analyse kunnen ze deelnemen aan nieuwe circulaire waardeketens die kwaliteit, flexibiliteit en innovatie belonen.

Mensen, beleid en praktijk op één lijn brengen

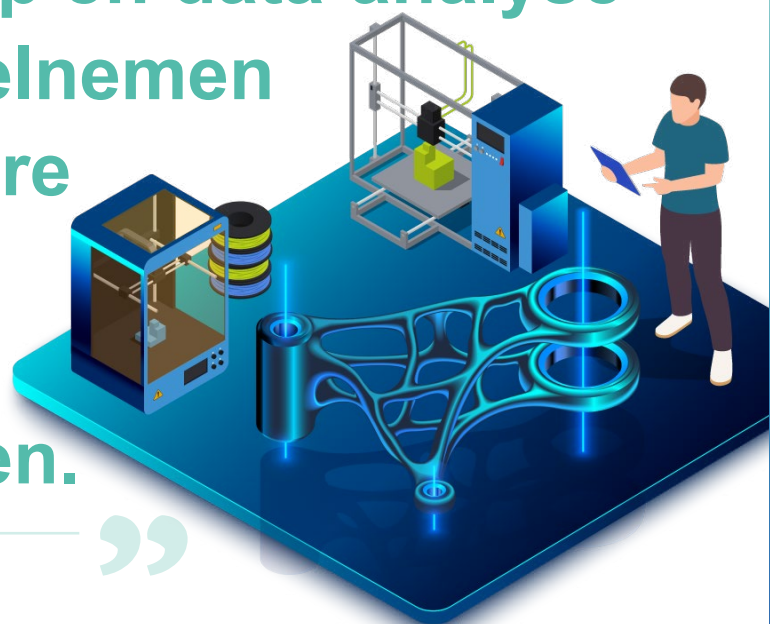
Technologie alleen kan de circulaire transitie niet bewerkstelligen. Add-reAM erkent dat beleidskaders, onderwijs en maatschappelijke acceptatie zich parallel aan de technologische vooruitgang moeten ontwikkelen.

Het consortium zal samenwerken met brancheorganisaties, overheidsinstanties en academische instellingen om de kennis en regelgeving te helpen ontwikkelen die nodig zijn voor de grootschalige toepassing van op AM gebaseerde reparatie en revisie. Duidelijke normen en certificeringsprocedures zullen cruciaal zijn om vertrouwen te wekken bij zowel fabrikanten als consumenten.

Even belangrijk is onderwijs. Universiteiten en technische instituten zullen de inzichten van Add-reAM gebruiken om opleidingsprogramma's te ontwikkelen die ingenieurs, ontwerpers en technici de vaardigheden bijbrengen die nodig zijn voor Industrie 5.0. Dit zal zorgen voor een beroepsbevolking die niet alleen begrijpt hoe efficiënt kan worden geproduceerd, maar ook hoe producten vanaf het begin kunnen worden ontworpen met het oog op een lange levensduur en circulariteit.

Er is een cultuuromslag nodig in de manier waarop bedrijven en consumenten tegen gereviseerde producten aankijken.

Door lokale productie te combineren met digitaal ontwerp en data-analyse kunnen [MKBs] deelnemen aan nieuwe circulaire waardeketens die kwaliteit, flexibiliteit en innovatie belonen.



Binnen het project zal worden onderzocht hoe productontwerp, communicatie en klantervaring het vertrouwen in gerepareerde en gereviseerde goederen kunnen vergroten. Door aan te tonen dat dergelijke producten aan hoge prestatienormen kunnen voldoen, wil het project een van de laatste psychologische barrières voor circulaire consumptie wegnemen.

Samenwerking voor impact

De omvang van het Add-reAM-consortium weerspiegelt hoe groot de opgave is waar het project voor staat. Het consortium bundelt kennis op het gebied van materiaalkunde, productietechniek, logistiek, milieubeoordeling, gedragswetenschappen en recht. Industriële partners dragen bij met praktijkgerichte uitdagingen en testomgevingen, zodat de onderzoeksresultaten direct in de praktijk kunnen worden toegepast.

Het project zal de voordelen van op AM gebaseerde reparatie en revisie aantonen aan de hand van pilotcases in sectoren als de lucht- en ruimtevaart, de bouw en de spoorweginfrastructuur. Door te laten zien hoe deze technologieën in echte industriële contexten werken, zal Add-reAM een basis leggen voor een bredere toepassing in de hele productiesector.

Naast technische innovatie versterkt het initiatief ook de samenwerking tussen de academische wereld, het bedrijfsleven en beleidsmakers. Deze geïntegreerde aanpak is essentieel voor het realiseren van de langetermijndoelstelling van een circulaire, klimaatneutrale Nederlandse economie in 2050.

Revisie voor groei en welzijn

De visie achter Add-reAM gaat verder dan alleen verantwoordelijkheid voor het milieu. Het vertegenwoordigt een nieuw economisch paradigma waarin afval wordt geëlimineerd, grondstoffen in omloop blijven en waarde wordt gecreëerd door duurzaamheid in plaats van volume.

Voor bedrijfsleiders in de hightech-productiesector betekent dit project een toekomst waarin circulariteit en concurrentievermogen hand in hand gaan. Door digitale technologieën te combineren met duurzaam ontwerp kan

de Nederlandse industrie haar globale positie versterken en tegelijkertijd dringende klimaatdoelstellingen halen.

Zoals professor Gibson samenvat: "Add-reAM gaat niet alleen over het ontwikkelen van nieuwe tools of processen. Het gaat om het veranderen van de mindset omtrent productie. Wanneer reparatie onderdeel wordt van het bedrijfsmodel en remanufacturing een strategische capaciteit wordt, wordt duurzaamheid een kracht in plaats van een kostenpost."

In de komende jaren zal het succes van Add-reAM niet alleen worden afgemeten aan de technologieën die het ontwikkelt, maar ook aan de manier waarop het de industriële praktijk hervormt. Het biedt een boeiende visie op hoe additive manufacturing zowel welvaart als de planeet kan ondersteunen – een echt modern voorbeeld van remanufacturing voor het goede doel. ■



Add-reAM Academic Partners

UNIVERSITY
OF TWENTE.

TU/e EINDHOVEN
UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY

TU Delft

Erasmus
ERASMUS SCHOOL OF LAW
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM

SAXION
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES

Universiteit
Leiden

university of
 groningen

M2I materials
innovation
institute

VORMGEVEN OM TE KUNNEN REPAREREN

ERVARINGEN UIT DE EU-BEWEGING VOOR HET RECHT OP REPARATIE



In heel Europa verandert de manier waarop we over productvormgeving denken. Het traditionele consumptiemodel, waarbij producten gemaakt, verkocht, gebruikt en vervolgens weggegooid worden, maakt plaats voor een meer circulaire visie. Duurzaamheid, repareerbaarheid en herbewerking zijn niet langer ideeën vanuit een niche: ze nemen een steeds centralere plaats in het productbeleid en innovatie in.

In deze verschuiving loopt de *Right to Repair*-beweging voorop, die pleit voor producten die dusdanig zijn ontworpen dat ze gemakkelijk, betaalbaar en nog vele jaren na aankoop gerepareerd kunnen worden. In de Europese Unie heeft deze beweging geleid tot een golf van wetswijzigingen die reparatie toegankelijker moeten maken. Maar hoewel er vooruitgang is geboekt, is er nog een lange weg naar een echt ecosysteem van reparabele producten te gaan.

Om de kansen en uitdagingen die er liggen te kunnen begrijpen spraken we met Cristina Ganapini,

coördinator van de *Right to Repair Europe*-consortium. Hun pleidooi voor dit doel heeft geleid tot een groot deel van het huidige beleid. Zij wijst op recente EU-regelgeving, zoals de verordening op batterijen, de minimale eisen voor ecologische vormgeving van smartphones en tablets en de richtlijn inzake het recht op reparatie, waarin belangrijke nieuwe maatregelen geïntroduceerd zijn. Deze omvatten eisen voor eenvoudigere demontage van apparaten, verplichte beschikbaarheid van reserveonderdelen, reparatiescores en verplichtingen voor fabrikanten om ook na het verstrijken van de garantieperiode reparatiediensten te blijven verlenen.

Cristina beschouwt deze stappen als belangrijk, maar niet als transformatief. “De richting is veelbelovend,” zegt ze, “maar de omvang en het tempo van de veranderingen hebben niet geleid tot het vastleggen van een universeel recht op reparatie en het mogelijk maken van haalbare circulaire bedrijfsmodellen.” Vanaf 2025 valt slechts een klein aantal productcategorieën onder de

regels voor repareerbaarheid en vaak zijn alleen specifieke onderdelen verkrijgbaar. Veel producten vallen nog steeds volledig buiten elke wettelijke verplichting op repareerbaarheid en zelfs daar waar er wetgeving is, blijft handhaving een uitdaging, met vage regels voor de prijsstelling van reserveonderdelen en het toestaan van softwarepraktijken die reparatie belemmeren.

Belemmeringen voor effectieve reparatie

Zelfs bij deze regelgeving zijn er dus nog steeds aanzienlijke obstakels voor het realiseren van echt reparabele producten. Verandering begint in de ontwerpfase, maar veel producten worden nog steeds zo vormgegeven dat ze zonder speciaal gereedschap

moeilijk of onmogelijk te demonteren zijn. Lijmen, gepatenteerde bevestigingsmiddelen en verzegelde behuizingen werpen onnodige barrières op; daarnaast is een van de meest problematische trends het koppelen van onderdelen door middel van software. Door deze praktijk worden vervangingsonderdelen middels software van de fabrikant vergrendeld, waardoor ze niet kunnen functioneren tenzij ze “geautoriseerd” of gekoppeld zijn. Hoewel de richtlijn op het recht op reparatie dit tot op zekere hoogte aanpakt, waarschuwt Cristina dat uitzonderingen en vage definities veel mazen in de wetgeving open laten.

De toegang tot diagnostische hulpmiddelen, interne onderdelen en reparatie-informatie blijft ook fragmentarisch. “Zonder uitgebreide toegang,” merkt Cristina op, “worden zowel consumenten als onafhankelijke reparateurs ernstig beperkt in de reparaties die ze effectief kunnen uitvoeren.” Zelfs wanneer reparaties technisch mogelijk zijn, is betaalbaarheid vaak een ander verhaal. De prijs is steeds de belangrijkste belemmering om iets te laten repareren

die zowel door consumenten als professionele reparateurs wordt genoemd. Als een reparatie meer dan 20-30% van de prijs van een nieuw product kost, zullen de meeste mensen ervoor kiezen om het product te vervangen in plaats van te repareren.

Reserveonderdelen vormen een groot deel van deze kosten. Idealiter zouden de prijzen daarvoor niet meer dan 15-20% van de winkelwaarde van het product mogen bedragen, maar in veel gevallen liggen ze veel hoger, waardoor reparatie niet rendabel is en de ambities op het gebied van de circulaire economie worden ondermijnd. Daarom dringen Cristina en het consortium erop aan dat de prijs van reserveonderdelen een standaard maatstaf voor de beoordeling van de repareerbaarheid en de handhaving van het beleid wordt.

Van Europa naar de rest van de wereld

Naast het aanpakken van deze belemmeringen bieden aankomende veranderingen, zoals de eis van de EU om een repareerbaarheidslabel te voeren, de mogelijkheid om zowel

de vormgeving als de keuze van de consument te beïnvloeden. Vanaf juni 2025 zal er bij smartphones die in de EU worden verkocht, een reparatiescore vermeld worden, vergelijkbaar met de Franse reparatie-index. Deze score zal worden gebaseerd op factoren als het gemak van demontage, de beschikbaarheid van reparatiehandleidingen en de toegang tot reserveonderdelen. Cristina verwacht dat deze maatregel fabrikanten ertoe zal aanzetten om de reparatiegerelateerde aspecten van hun producten te verbeteren. Ze waarschuwt echter dat het label consumenten kan misleiden, als de prijs van reserveonderdelen niet in de score worden meegenomen. “Een product kan hoog scoren op technische repareerbaarheid, maar in de praktijk kan het nog steeds te duur zijn om het te laten repareren,” aldus Cristina.

Voor marktdeskundigen bieden deze labels een kans om het streven van een merk naar duurzaamheid en een lange levensduur van producten onder de aandacht te brengen, mits het scoresysteem een weerspiegeling is van de daadwerkelijke

We vechten niet alleen voor het recht op reparatie, maar ook voor het recht om producten te kiezen die ons milieu en onze intelligentie respecteren.

— Cristina Ganapini

repareerbaarheid. Het is heel wel mogelijk dat de EU, vaak een wereldwijde trendsetter op het gebied van productregelgeving, zal beleven dat haar *Right to Repair*-structuur, zelfs in haar huidige beperkte vorm, internationaal een precedent schept. Fabrikanten zouden ervoor kunnen kiezen om de EU-normen wereldwijd toe te passen, waardoor ze geen aparte modellen voor verschillende markten hoeven te ontwikkelen, hetgeen op zijn beurt zou kunnen leiden tot betere vormgeving en aftersalespraktijken wereldwijd.

Om werkelijk invloed te kunnen uitoefenen moet het EU-beleid breder en beter te handhaven zijn. Cristina wijst erop dat de fragmentarische, categoriegewijze aanpak de vooruitgang vertraagt. Er zijn duidelijkere, meer omvattende normen nodig, met name op het gebied van de prijzen voor reserveonderdelen, langdurige softwareondersteuning en rechten voor zelfreparatie, wil de EU de wereldwijde verschuiving naar circulaire productlevenscycli versnellen.

Lessen voor de industrie en het beleid

Uit ons gesprek met Cristina en het zich ontwikkelende beleidskader van de EU komen diverse ervaringen naar voren ten behoeve van fabrikanten, marktdeskundigen en beleidsmakers:

1

Richt je vormgeving vanaf het begin op reparatie, door te zorgen voor modulariteit, gestandaardiseerde bevestigingsmiddelen en een minimaal gebruik van lijm;



4

Gebruik repareerbaarheid als een voordeel verbonden aan je merknaam, door labels en scores te gebruiken waarmee je duidelijk maakt op duurzaamheid in te zetten;



2

Houd de totale reparatiekosten beheersbaar en besef dat betaalbare reservednesses net zo belangrijk zijn als de beschikbaarheid ervan;



5

Ondersteun de totstandkoming van brede en handhaafbare normen die de mazen in de wet dicht en op meer productcategorieën van toepassing zijn.



3

Verwijder softwarebarrières, aangezien het koppelen van onderdelen en vergrendelde diagnostiek de repareerbaarheid van producten ondermijnen;



Een gedeelde verantwoordelijkheid

Het recht op reparatie is niet alleen een beleidskwestie, maar ook een uitdaging voor de vormgeving, een kans voor marktwerking en een consumentenrecht. Door deze dimensies op elkaar af te stemmen kan Europa dichter bij een ecosysteem van producten komen waarin een lange levensduur de norm is en afval de uitzondering.

Zoals Cristina ons herinnert: "We vechten niet alleen voor het recht op reparatie, maar ook voor het recht om producten te kiezen die ons milieu en onze intelligentie respecteren." In het kader van herbewerking gaat het niet alleen om het verlengen van de levensduur van producten, maar ook om een vormgeving van producten waarbij er vanaf het begin aan een circulaire economie gewerkt wordt. ■



ADAPTIEF RECHT EN HERFABRICAGE IN DE CIRCULAIRE ECONOMIE

Herfabricage houdt in dat gebruikte producten of onderdelen worden hersteld tot een prestatieniveau dat gelijk is aan of hoger is dan dat van nieuw geproduceerde producten. Herfabricage verlengt de levenscyclus, vermindert de vraag naar materialen, verlaagt de uitstoot en creëert banen en vaardigheden, maar komt in de praktijk nog vrij weinig voor. Dit is deels te wijten aan technische belemmeringen, maar hier richten we ons op de rol van governancestructuren zoals wetten, aansprakelijkheidsregelingen en productvoorschriften. Momenteel zijn deze structuren bedoeld voor een lineaire economie van maken gebruiken weggooien, en hun voornaamste zorg betreft de eerste levensduur van producten – er is weinig voorzien in reparatie, renovatie, herfabricage of herintroductie op de markt. Twee concepten uit de EU-recht en de wetenschap zijn bedoeld om dit paradigma van maken-gebruiken-weggooien te doorbreken: Safety and Sustainability by Design (SSbD) en het recht op reparatie.

Veiligheid en duurzaamheid door ontwerp en het recht op reparatie

SSbD brengt de wettelijke beginselen van voorzorg en preventie in praktijk door twee concepten samen te voegen: Safe by Design (SbD) en Sustainable by Design (SuBD) (Reins & Wijns, 2025). Het eerste concept, SbD, gaat over het anticiperen op gevaren voor de menselijke gezondheid en het milieu en deze “weg te ontwerpen” gedurende de hele levenscyclus van het product. SbD werd voor het eerst geïntroduceerd in het midden van de 20e eeuw en later geformaliseerd in initiatieven zoals het Amerikaanse “Prevention through Design” (Schulte et al., 2008). SbD is toegepast in uiteenlopende sectoren, zoals de bouw, consumptiegoederen, luchtvaart en nanotechnologie. Het andere onderdeel van SSbD, SuBD, integreert overwegingen op het gebied van ecologische, sociale en economische duurzaamheid in een vroege ontwerpfase. SuBD sluit aan bij verschillende trends in het hedendaagse EU-beleid, waaronder ecodesign en circulariteit door ontwerp,

zoals weerspiegeld in het Actieplan voor de circulaire economie (Europese Commissie, 2020) en de Verordening eco design voor duurzame producten, die in 2024 van kracht is geworden.

Wat betreft herfabricage geeft SSbD volledig invulling aan de doelstellingen van de Unie op het gebied van veiligheid en circulariteit. Ten eerste zijn reparatie, renovatie en herfabricage waarschijnlijk rendabeler wanneer producten vanaf het begin zowel veilig als duurzaam zijn. Ten tweede dragen modulariteit en het vermijden van gevaarlijke stoffen bij aan een langere levensduur. Het recht op reparatie vormt een aanvulling op SSbD door ervoor te zorgen dat producten die ontworpen zijn om lang mee te gaan, ook daadwerkelijk lang meegaan. Eigenaren en hun vertegenwoordigers hebben dan ook het recht op toegang tot gereedschap, reserveonderdelen, software en technische documentatie om producten te kunnen repareren. Hoewel dit recht vaak wordt geassocieerd met consumptiegoederen zoals huishoudelijke apparaten, elektronica en voertuigen, is het niet minder relevant voor industriële apparatuur, hoogwaardige componenten en complexe machines.

Een robuust kader voor het recht op reparatie corrigeert informatie asymmetrieën door fabrikanten te verplichten relevante informatie beschikbaar te stellen aan legitieme reparatiebedrijven (Terry, 2019). Bovendien moeten reserveonderdelen beschikbaar blijven gedurende de beoogde levensduur van het product, terwijl contractuele voorwaarden en technologische maatregelen die rechtmatige reparatie belemmeren, zoals softwarevergrendelingen, in strijd zijn met dit recht en daarom moeten worden verboden. Het recht op reparatie ondersteunt ook economische decentralisatie door onafhankelijke reparatienetwerken en kleine en middelgrote ondernemingen in staat te stellen te floreren.

Het recht op reparatie werkt samen met SSbD: ontwerpkeuzes maken reparaties veilig en duurzaam, terwijl wettelijke rechten ervoor zorgen dat reparateurs aanspraak kunnen maken op de middelen die ze nodig hebben. Deze synergie is vooral belangrijk voor herfabricage, omdat demontage, vervanging van onderdelen en testen zowel een hoge mate van technische compatibiliteit als onbelemmerde toegang tot technische middelen vereisen.

De noodzaak van adaptieve wetgeving

Wat hun verdiensten ook mogen zijn, SSbD en het recht op reparatie kunnen op zichzelf geen circulaire economie tot stand brengen. Productietechnologieën, materiaalkunde en duurzaamheidsprioriteiten veranderen snel, en de toepasselijke regelgevingskaders die gericht zijn op

de bescherming van het milieu moeten gelijke tred houden (Quintavalla en Yalnazov, 2025). Een adaptieve juridische benadering van SSbD en herfabricage zou zich moeten richten op gewenste parameters, zoals duurzaamheid, repareerbaarheid en milieuprestaties, in plaats van op starre technische voorschriften. Regelmatige evaluatie en collaboratief bestuur zijn dan ook van essentieel belang. De verschillende belanghebbenden die deel uitmaken van de circulaire economie, zoals producenten, consumenten en afvalverwerkingsbedrijven, kunnen verschillende behoeften hebben, waaraan een rigide recht op reparatie, waarvan de vorm en inhoud vastliggen, wellicht niet kan voldoen. Het Add-re-AM-project, waarbij wij beiden betrokken zijn, richt zich op dit probleem. We zullen eerst de SSbD-principes en het recht op reparatie in de context van herfabricage analyseren. Vervolgens zullen we de juridische, technische en beleidsmatige verbanden tussen deze principes onderzoeken, overlappingen en spanningen identificeren en verschillende hervormingsvoorstellen beoordelen. Ons doel is om een dynamische regelgevingsroadmap voor het herfabricagebeleid te ontwikkelen die geen statische checklist voor naleving is, maar een toekomstgericht bestuursinstrument dat is ontworpen om mee te evolueren met technologie, samenleving, milieubescherming en markt.

Conclusie

De traditionele productie in Europa, ook in Nederland, is grondstofintensief, verspillend en schadelijk, en zet consumenten ertoe aan om producten te vervangen in plaats van te repareren.

Recycling helpt enigszins, maar de output ervan is vaak van mindere kwaliteit en vereist een niet te verwaarlozen hoeveelheid energie. Nu het nationale en EU-beleid zich richt op de opkomst van een echte circulaire economie en additive manufacturing voldoende volwassen is geworden om echt verschil te maken (Inayathullah & Buddala, 2025), is het tijd om de resterende kennislacunes op te vullen.

De toekomst van herfabricage zal evenzeer worden bepaald door wetgeving en beleid als door technologische innovatie. Door SSbD en het recht op reparatie in adaptieve regelgeving te verankeren, kan herfabricage in alle sectoren worden opgeschaald.

Uiteindelijk versterken de drie hier geschetste concepten elkaar: SSbD zorgt ervoor dat producten fysiek en ecologisch geschikt zijn voor meerdere levenscycli, het recht op reparatie garandeert dat de gereedschappen, kennis en onderdelen die nodig zijn voor die opeenvolgende levensfasen toegankelijk zijn, en adaptieve wetgeving zorgt voor flexibele regelgeving die zich synchroon ontwikkelt met technologie en samenleving. ■



Referenties

- European Commission. (2020). Circular Economy Action Plan: For a Cleaner and More Competitive Europe (Publications Office of the European Union).
- Inayathullah, S., & Buddala, R. (2025). Review of machine learning applications in additive manufacturing. *Results in Engineering*, 25, 103676.
- Quintavalla, A., & Yalnazov, O. (2025). Regulating eco-innovation in the European Union. *Journal of Environmental Planning and Management*, 68(3), 539-556.
- Reins, L., & Wijns, J. (2025). The "Safe and Sustainable by Design" Concept – A Regulatory Approach for a More Sustainable Circular Economy in the European Union? *European Journal of Risk Regulation*, 16(1), 96–113.
- Schulte, P., Rinehart, R., Okun, A., Geraci, C., & Heidel, D. (2008). National Prevention through Design (PtD) Initiative. *Journal of Safety Research* 39(2), 115–121.
- Terry, E., (2019). A Right to Repair? Towards Sustainable Remedies in Consumer Law. *European Review of Private Law*, 27(4), 851–873.

Auteurs:



dr. Alberto Quintavalla

Associate professor | Innovation of Public Law,
Erasmus University Rotterdam



prof.dr. Leonie Reins

Full professor | Innovation of Public Law,
Erasmus University Rotterdam

CIRCULAIRE ZORG IN DE PRAKTIJK

HERGEBRUIK EN HERVERWERKING ALS SLEUTEL TOT DUURZAME GEZONDHEIDSZORG

De zorgsector staat onder steeds grotere druk. Niet alleen nemen de zorgkosten toe, ook de milieu-impact en het gebruik van schaarse grondstoffen zijn zorgwekkend. In Nederland is de zorg verantwoordelijk voor zo'n 12% van het landelijke grondstoffenverbruik en 7% van de CO₂-uitstoot. Het is duidelijk dat de zorg toekomstbestendig moet worden ingericht. Een cruciale stap in die transitie is het verlengen van productlevenscycli en het reduceren van afvalstromen.

Hergebruik speelt daarin een sleutelrol, variërend van sterilisatie op de Centrale Sterilisatie Afdeling (CSA) tot re-manufacturing (de technische herverwerking van instrumenten).

Het project *Hergebruik Hoogwaardig Medisch Instrumentarium* (HHMI) onderzoekt hoe deze strategieën in de praktijk kunnen worden toegepast en met welke ontwerpprincipes er rekening gehouden dient te worden.

Van steriliseren tot herverwerken

Binnen ziekenhuizen is de CSA al decennialang de plek waar medische instrumenten na gebruik worden gereinigd en gesteriliseerd. Toch zijn in de afgelopen twintig jaar steeds meer hoogwaardige instrumenten, zoals chirurgische staplers en ultrasone scalpels (figuur 1), op de markt gebracht in single-use varianten. Infectiepreventie, gemak en tijdwinst waren daarbij de belangrijkste drijfveren. Dit uitgezet tegen een gunstig verdienmodel zorgt ervoor dat het huidige model standhoudt.

Het gevolg: betrouwbare en efficiënte zorg, maar instrumenten van hoogwaardige materialen belanden na éénmalig gebruik in de afvalstroom. Sterilisatie is technisch of wettelijk niet altijd toegestaan, waardoor ziekenhuizen geen alternatief hebben.

Hier biedt remanufacturing in sommige gevallen uitkomst. Waar de CSA stopt, gaat herverwerken verder: instrumenten worden buiten het ziekenhuis gedemonteerd, gecontroleerd, gerepareerd en opnieuw gevalideerd. Zo ontstaat een product dat veilig opnieuw kan worden ingezet, zonder concessies aan kwaliteit of functionaliteit.

Het HHMI-project

Het RAAK-MKB project *hergebruik van hoogwaardig medisch instrumentarium*, geleid door Saxion Hogeschool lectoraat Industrial Design, onderzoekt hoe medische hulpmiddelen geschikt gemaakt kunnen worden voor hergebruik – zowel door herontwerp als door herverwerking. Daarbij ligt de focus niet alleen op het productontwerp zelf, maar ook op het gehele systeem eromheen: logistiek, reiniging, kwaliteitsborging en validatie.

Een brede groep publieke en private partners is aangesloten, waaronder Medisch Spectrum Twente (MST), Vereniging van Deskundigen Steriele Medische Hulpmiddelen (VDSMH), Santeon, Logic Medical, R-Solution, Oceanz, Implican, Vanguard A.G., First15 en Wittenburg Group.

Cases uit de praktijk

In het project leren we praktijkgericht. Door aan verschillende concrete cases te werken, halen we generieke inzichten op voor het herbruiken en herverwerken van medisch instrumentarium.

Implican ontwikkelt een herbruikbaar darmanastomose apparaat (voor het maken van een chirurgische verbinding tussen twee darmdelen) gebaseerd op een innovatieve helingstechniek. Hier ligt de focus op iteratief ontwerpen met aandacht voor steriliseerbaarheid en gebruikerservaring.

Hoe neem je herbruikbaarheid mee bij het ontwikkelen van een medical device?

Vanguard A.G. onderzoekt hoe het inzamelen van single-use devices kan worden opgeschaald tot een robuust proces om herverwerking op grote schaal mogelijk te maken.

Wat is er nodig om bestaande single-use devices in te zamelen voor herverwerking?

First15 levert medische noodpakketten en onderzoekt binnen HHMI in welke mate hun innovatieve tourniquette geschikt is voor meervoudig gebruik

Hoe kan onderzocht worden of een bestaand product geschikt is voor hergebruik?

Wittenburg Group richt zich op circulaire kunststoffen die bestand zijn tegen sterilisatie en herverwerking, zodat hoogwaardige materialen opnieuw in de zorgketen kunnen worden ingezet.

Welke eigenschappen zijn gevraagd om kunststof meervoudig te steriliseren en in welke medische instrumenten zijn deze toepasbaar?

In alle gevallen speelt gebruikersonderzoek een centrale rol. Betrokkenheid van chirurgen, operatie-assistenten, CSA-medewerkers en inkopers is cruciaal om de context rondom circulariteit van medisch instrumentarium in kaart te krijgen.

Uitdagingen rondom herverwerking van instrumentarium

Vanguard is een internationale speler die gebruikte single-use instrumenten terugkoopt, reinigt, technisch herverwerkt en opnieuw als CE-gemarkeerde producten op de markt brengt. Zo krijgen hoogwaardige materialen een langere levensduur, terwijl ziekenhuizen besparen op zowel inkoopkosten als afvalverwerking.

Dat dit ook ecologisch loont, blijkt uit diverse **Life Cycle Assessments**. Een Fraunhofer UMSICHT-studie (Schulte et al., 2021) liet zien dat herverwerking van elektrofysiologie-katheters in 13 van de 16 impactcategorieën beter scoort dan nieuwproductie, met meer dan 50% minder klimaatimpact. Een vervolgstudie (Meister et al., 2022) toonde aan dat de CO₂-uitstoot per gebruik tot 60% lager ligt en over de totale levensduur 57% kan worden gereduceerd.

Met de invoering van de Medical Device Regulation (MDR) is remanufacturing voor het eerst formeel erkend en gereguleerd op Europees niveau. Afhankelijk van de categorie wordt een herverwerker gezien als externe dienstverlener (CS remanufacturing) of als volwaardige fabrikant (CE remanufacturing).

Hoewel dit voor duidelijkheid zorgt, levert het ook forse drempels op. Uitgebreide documentatie-eisen en een structureel tekort aan **Notified Bodies** – de onafhankelijke organisaties die medische hulpmiddelen certificeren – leiden tot hoge kosten, lange wachttijden en onzekerheid. Daardoor lukt het technisch bewezen en ecologisch waardevolle oplossingen vaak niet om op te schalen.

Vanguard zet zich actief in om deze barrières te doorbreken: door te investeren in certificeringsprocessen, praktijkresultaten te delen en samen te werken met ziekenhuizen en toezichthouders laat het bedrijf zien dat remanufacturing veilig, duurzaam en kosteneffectief kan zijn. Toch blijft de snelheid van adoptie sterk afhankelijk van nationale keuzes onder artikel 17 van de MDR, die per land verschillen.

Eerste resultaten

De eerste resultaten van dit onderzoek laten zich samenvatten in twee sporen: de **kansen en barrières** die de context van circulaire zorg bepalen, en de **ontwerprichtlijnen** die richting geven aan de ontwikkeling van toekomstbestendig medisch instrumentarium.

Kansen en barrières

Juist in dit spanningsveld wordt duidelijk dat technische innovatie en systeeminnovatie hand in hand moeten gaan: zonder aanpassingen in regelgeving en capaciteit bij notified bodies blijft de potentie van remanufacturing in de zorg grotendeels onbenut.

Belangrijk is dat hergebruik en remanufacturing niet concurrerend, maar juist complementair zijn. Samen vormen ze een noodzakelijke tandem voor een circulaire zorgpraktijk.

Meervoudige waarde is een belangrijk voordeel: hergebruik en remanufacturing besparen niet alleen op ziekenhuisafvalkosten, maar kunnen op lange termijn financieel gunstiger uitpakken en de afhankelijkheid van grondstoffen wordt kleiner.

Tegelijkertijd is een aangepast product alleen niet voldoende. Het hele systeem moet meebewegen: retourlogistiek, kwaliteitscontrole, capaciteit bij CSA's en operationele processen moeten aangepast worden. Met de opkomst van single-use (wegwerp) instrumenten is de capaciteit van de CSA doorgaans afgeschaald. Ook blijken verschillende stakeholders uiteenlopende belangen te hebben. Waar inkopers en verzekeraars vooral op kosten sturen, ligt bij CSA-medewerkers de nadruk op reinigbaarheid.

Het HHMI-project laat zien dat kleine, modulaire stappen wel degelijk haalbaar zijn. Cruciaal daarbij is de rol van early adopters zoals MST en Erasmus MC, die bereid zijn om de eerste stappen te zetten en daarmee vertrouwen bij andere instellingen op te bouwen.

Daarmee draagt circulaire zorg niet alleen bij aan de verduurzaming van de zorgsector, maar ook aan de bredere maatschappelijke transitie naar een circulaire economie.

Ontwerprichtlijnen

Steriliseerbaar en duurzaam

materiaalgebruik: materialen moeten geschikt zijn voor herhaald gebruik zonder kwaliteitsverlies.

Cues voor foolproof montage:

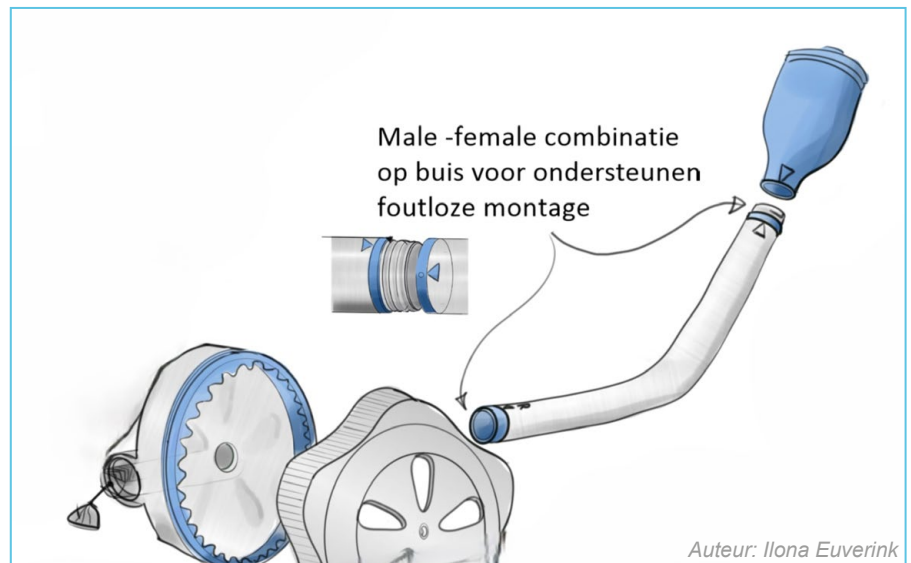
onderdelen moeten intuïtief correct gemonteerd kunnen worden om de kans op foutieve montage op de CSA-afdeling te verkleinen, wat zorgt voor vertragingen en mogelijk zelfs gevaarlijke situaties op de OK (figuur 2).

Minimaliseer de impact op de

CSA-capaciteit: instrumenten dienen modulair en demontabel te worden geconstrueerd, of voorzien van voldoende doorstromingsopeningen, zodat alle oppervlakken effectief bereikbaar zijn voor mechanische reiniging en stoompenetratie tijdens sterilisatie. Dimensies en geometrie moeten aansluiten op de gestandaardiseerde afmetingen van CSA-manden en trays, om compatibiliteit met bestaande reinigings- en logistieke processen te borgen.

Gebruikersbetrokkenheid van alle gebruikers vanaf het begin:

ontwerpkeuzes moeten aansluiten bij de praktijk en acceptatie bij eindgebruikers vergroten. Laat de CSA-afdeling bijvoorbeeld al vanaf het begin meedenken over de reinigbaarheid van het apparaat. Eenvoudige maar fundamentele keuzes voor bepaalde materialen kunnen soms doorslaggevend zijn in of een product geschikt is voor hergebruik of niet.



Naar een circulair ecosysteem

Elk hergebruikt instrument heeft een positief effect op de grondstoffen schaarste, de enorme afvalberg en de CO₂-voetafdruk van de zorgsector. Daarmee draagt circulaire zorg niet alleen bij aan de verduurzaming van de zorgsector, maar ook aan de bredere maatschappelijke transitie naar een circulaire economie.

Herontwerpen van instrumenten die geschikt zijn voor hergebruik en het herverwerken van bestaande single-use instrumenten zijn beide onderdeel van een bredere herontwerpopgave in de zorg. Het potentieel is groot: veel medische producten worden nog steeds niet ontwikkeld met hergebruik in gedachten of herverwerking als alternatief. Het HHMI-project laat zien dat met samenwerking en slimme

ontwerpkeuzes, er concrete stappen mogelijk zijn.

Kennisdeling en samenwerking zijn cruciaal om dit ecosysteem verder te bouwen. Alleen zo kan de zorg toekomstbestendig én duurzaam worden ingericht. ■

De uitnodiging voor een verkennend gesprek staat open; dit project is in augustus 2024 gestart en loopt tot augustus 2026.

Contactgegevens:



Justin Dijkhuis
Project Leader at Saxion Research
Group Industrial Design,
HHMI project
j.j.v.dijkhuis@saxion.nl

Dit project is mede mogelijk gemaakt door een RAAK-MKB subsidie van Nationaal Regieorgaan Praktijkgericht Onderzoek SIA.

AMC NU CIRCULAR MANUFACTURING SYSTEMS PROGRAM (CMSP)

Mogelijk gemaakt door: **RegioDeal Twente**

Het Fraunhofer Innovation Platform for Advanced Manufacturing at the University of Twente (FIP-AM@UT) heeft in samenwerking met de regionale overheid en industriële partners het Circular Manufacturing Systems Program (CMSP) gelanceerd om duurzame, geautomatiseerde en efficiënte productieprocessen te bevorderen. Het programma versterkt de hightech productie-industrie in Oost-Nederland door circulariteit te bevorderen in verschillende sectoren, waaronder energieopslag.

CMSP richt zich op het optimaliseren van de productie-industrie door middel van

automatisering, materiaal terugwinning en modulair productontwerp, waarbij samenwerking tussen regionale en internationale partners wordt gestimuleerd om duurzaamheid en afvalvermindering te stimuleren. Door de integratie van digitale hulpmiddelen en innovatieve productietechnieken verbetert het programma de efficiëntie, traceerbaarheid en het beheer van hulpbronnen.

Een belangrijk aspect van CMSP is industriële samenwerking. Deelnemende bedrijven krijgen toegang tot geavanceerd onderzoek, technologische ontwikkelingen en sectoroverschrijdende kennisuitwisseling. Door middel

van demonstrators, pilotprojecten en trainingen zorgt het FIP-AM@UT ervoor dat innovaties die binnen het programma worden ontwikkeld op grote schaal worden overgenomen, waardoor het concurrentievermogen en de duurzaamheid van de maakindustrie in de regio worden versterkt.

Gesteund door de RegioDeal Twente, met subsidies vanuit de Provincie Overijssel en de Nederlandse Staat, heeft CMSP als doel Twente te positioneren als een Europese hub voor geavanceerde productie. Het programma stimuleert economische groei, trekt talent aan en stimuleert investeringen in duurzame technologieën.



Rijksoverheid

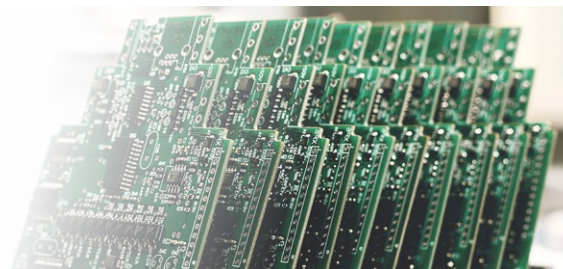


**Twente
Board**

06_

CyclePCBA

met DeltaProto



Het CyclePCBA-project, ontwikkeld in samenwerking tussen FIP-AM@UT en DeltaProto, heeft als doel om de **kwaliteitsborging in high-mix, low-volume PCBA-productie te moderniseren door sneller en betrouwbaarder defecten te detecteren met visuele inspectie**. Naarmate printplaten steeds meer kleine componenten bevatten, is het steeds moeilijker om onnodige verspilling te voorkomen met traditionele visuele inspectiemethoden, omdat deze subtiele fouten niet altijd herkennen. CyclePCBA pakt deze uitdaging aan door een proof-of-concept softwarestack te ontwikkelen die in staat is om kenmerken van componenten uit foto's van printplaten te extraheren en faaltypen te herkennen, zoals verkeerde plaatsing, uitlijning en 'tombstoning'. Door deze vroege inzichten kunnen operators ingrijpen voordat elektrische tests fouten aan het licht brengen die mogelijk al onomkeerbare

schade hebben veroorzaakt, wat bijdraagt aan meer circulariteit en digitalisering binnen de elektronica-productie.

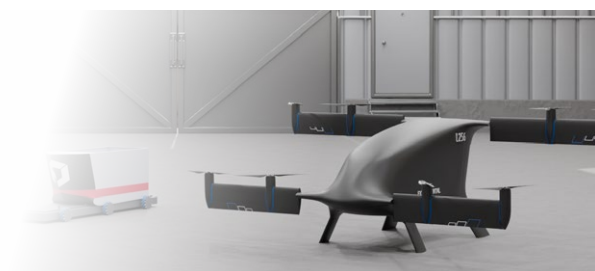
Het project versterkt automatisering, duurzaamheid en efficiëntie door het materiaalgebruik te verminderen, de herbruikbaarheid van componenten te verbeteren en een schaalbare digitale inspectiemethode te bieden die geschikt is voor regionale productieomgevingen. Daarnaast levert het waardevolle inzichten op over snelle defectdetectie en intelligente oppervlakte-inspectie, die een bredere kennisdeling en industriële adoptie kunnen ondersteunen.

CyclePCBA draagt bij aan **SDG 12 door afval tijdens productie te minimaliseren en aan SDG 9 door industriële innovatie te verbeteren**. Al met al helpt het project om productieprocessen voor elektronica veerkrachtiger en hulpbronnenefficiënter te realiseren.

07_

L-UCAS

met LogiXair



L-UCAS, een projectpartnerschap tussen FIP-AM@UT en LogiXair, richt zich op de **ontwikkeling van lichtgewicht en recyclebare composietmaterialen voor de volgende generatie onbemande vrachtluchtvaartuigen**. Nu UAV-logistieke platforms blijven groeien, ontstaat er een toenemende behoefte aan structurele materialen die laag gewicht, hoge duurzaamheid en verbeterde duurzaamheid combineren. Conventionele thermohardende koolstofvezelcomposieten leveren sterke mechanische prestaties, maar zijn energie-intensief om te produceren, kostbaar en moeilijk te recycleren, wat duidelijke beperkingen oplevert voor circulaire luchtvaart.

L-UCAS pakt deze uitdaging aan door een digitaal raamwerk te ontwikkelen om geschikte composieten op basis van biogebaseerde vezels, recyclebare thermoplasten en hybride composietconfiguraties virtueel te verkennen. Via multiscale materiaalanalyses, topologie-optimalisatie en eindige-elementenanalyses identificeert het project materiaal-structuurcombinaties die gewicht verminderen en tegelijkertijd voldoen aan de prestatienormen van de luchtvaartsector.

Deze 'virtual-first'-benadering zorgt dat duurzame materialen snel gescreend kunnen worden, UAV-componenten zoals liggers en stroomlijnkappen in een vroeg stadium geoptimaliseerd kunnen worden, en de integratie van circulaire ontwerpprincipes door middel van digitale materiaalpaspoorten mogelijk gemaakt wordt.

Hiermee ondersteunt het project bredere regionale ambities om circulaire productiecapaciteiten te versterken, de ecologische impact te verminderen en de adoptie van duurzame, datagedreven engineeringmethoden te stimuleren. De focus op recyclebare materialen, lichtgewicht ontwerp en digitaal ondersteunde besluitvorming sluit aan bij inspanningen om automatisering, duurzaamheid en efficiënt gebruik van grondstoffen in de volledige productieketen te bevorderen.

Door het begrip van recyclebare composieten te vergroten en energie-efficiënte UAV-structuren mogelijk te maken, draagt L-UCAS bij aan SDG 12 door verantwoord materiaalgebruik en aan SDG 9 door innovatie in industriële ontwerpprocessen.

Lees meer over andere CMSP projecten op het AMC NU onderdeel van InnovatieNU 14e en 15e editie!



EEN ANDERE BLIK OP AFVAL

HOE SIMULATIE EEN NIEUW TIJDPERK IN REMANUFACTURING AANBOORT



Nu de druk op duurzaamheid toeneemt en grondstoffenschaarste een harde realiteit wordt voor de industrie, staat remanufacturing – oftewel opnieuw produceren of reviseren – centraal in de circulaire economie. Wat ooit beperkt bleef tot refurbished elektronica of gereviseerde auto-onderdelen, breidt zich nu razendsnel uit naar andere sectoren. Dit verandert hoe we materialen ontwerpen, produceren en hergebruiken. Een van de meest opvallende voorbeelden hiervan zien we in de verpakkingsindustrie, waar innovaties in simulatie en materiaalkunde

bedrijven helpen om drastisch minder afval te produceren, zonder in te leveren op prestaties.

Projecten zoals **EcoCup** en **EcoTray** lopen voorop in deze transitie. EcoCup richt zich op het materiaalgebruik voor koffiecapsules en EcoTray draait om aluminium trays voor medische toepassingen. Beide initiatieven tonen aan hoe digitale ontwerpen en voorspellende modellering het mogelijk maken om gerecycled aluminium opnieuw in te zetten voor hoogwaardige toepassingen binnen de voedsel- en farmaceutische verpakkingsindustrie.

Van EcoCup tot EcoTray: simulatie als aanjager van circulariteit

EcoCup en EcoTray pakken dezelfde uitdaging aan: hoe kun je aluminium verpakkingen, gevormd met precisie, betrouwbaar herproduceren met dunnere materialen en een hoog gerecycled gehalte, zonder concessies te doen aan stevigheid, esthetiek of de strikte voedselveiligheids- en regelgevingsnormen?

Traditioneel gezien worden dit soort onderdelen gevormd door middel van dieptrekken – een proces waarbij vlakke metalen platen in nauwkeurige, holle vormen worden getrokken. Hiervoor was normaal gesproken hoogwaardig, zuiver aluminium nodig en veel fysieke prototypes. Het resultaat? Hoge afvalpercentages, veel energieverbruik en dure ontwikkeltrajecten. Dankzij simulatiegedreven remanufacturing brengen EcoCup en EcoTray hier nu verandering in.

In het geval van *EcoCup*, dat inspeelt op de snelgroeiende markt van koffiecups, heeft aluminium nog altijd de voorkeur vanwege zijn uitstekende barrière-eigenschappen en recyclebaarheid. Door gebruik te maken van aluminium met een gerecycled gehalte tot wel 90%, is het gelukt om het materiaalgebruik met 10% te reduceren, terwijl de prestaties en het visuele ontwerp van de capsule behouden bleven. De specifieke mechanische eigenschappen van gerecycled aluminium werden nauwkeurig gemeten en verwerkt in *finite element*-modellen, die het dieptrekproces met hoge nauwkeurigheid konden simuleren.

EcoTray, een initiatief van de Universiteit Twente en Amcor, bouwt voort op de kennis van EcoCup. Het project richt zich op medische aluminium trays, met als doel een overgang van 160 naar 130 micrometer, met minimaal

30% gerecycled materiaal. Dankzij realistische tribologische modellen en geavanceerde frictieanalyse ondersteunt EcoTray het gebruik van dunne, koolstofarme materialen. Hierdoor kan het materiaalgebruik met bijna 20% omlaag, en wordt productie mogelijk met aluminium dat minder dan 5 kg CO₂ per kg uitstoot. Het belangrijkste is dat het simulatiekader vormingsfouten voorspelt voordat ze optreden, waardoor veel trial-and-error en herbewerkingen scheelt, wat vaak voorkomt bij conventionele productie.

Samen benadrukken deze projecten de kracht van datagedreven remanufacturing. Ze demonstreren een methodologie die virtuele validatie koppelt aan resultaten in de praktijk, waardoor fabrikanten al vroeg in het proces duurzame ontwerpbeslissingen kunnen nemen en deze efficiënt kunnen opschalen.

Van wegwerpendenken naar systeemcirculariteit

Deze innovaties sluiten perfect aan op bredere verschuivingen in de markt en regelgeving. Waar verpakkingen vroeger gezien werden als wegwerpcomponenten, maken principes zoals hergebruik, vermindering van materiaalgebruik en slimme materiaalkeuze nu deel uit van een systemische overgang naar circulaire bedrijfsmodellen. Wat deze trend kenmerkt is de drang naar hoogwaardige

producten met langere levensduur, lagere materiaalafhankelijkheid en meer transparantie in de productieketen.

Door gerecycled aluminium te transformeren tot componenten die minstens gelijkwaardig zijn aan virgin of nieuw materiaal, laten EcoCup en EcoTray zien hoe *remanufacturing* een strategische aanjager kan worden voor circulaire innovatie.

Naar een circulaire infrastructuur

Wat deze projecten bijzonder maakt, is niet alleen de technische vooruitgang, maar ook de samenwerkingsstructuur. Mede mogelijk gemaakt door het Regio Deal Advanced Manufacturing Program (AMP) en ondersteund door M2i, wordt een nieuw model voor innovatie vormgegeven. Universiteiten, bedrijven en overheden werken samen om urgente uitdagingen aan te pakken, met gedeelde data en een gezamenlijke ambitie.

Nu de EU-verordening voor Verpakkingen en Verpakkingsafval (Packaging and Packaging Waste Regulation, oftewel PPWR) hogere eisen stelt aan recycleerbaarheid en levenscyclusprestaties, worden dit soort samenwerkingen steeds belangrijker. De methodes die ontwikkeld zijn binnen EcoCup en EcoTray zijn schaalbaar en toepasbaar in andere sectoren. Ze vormen een blauwdruk voor producenten die klaar zijn om voorop te lopen in een circulaire toekomst.

In een tijd waarin duurzaamheid geen bijzaak meer is, maar dé maatstaf voor concurrentievermogen, is remanufacturing doorgesloegen van “reparatie” naar “heruitvinding”. Met de juiste digitale hulpmiddelen wordt het meer dan alleen een antwoord op de vernieuwde regelgeving - het wordt een katalysator voor innovatie. ■

Auteur:



Celal Soyarslan
Associate Professor,
Universiteit Twente

In een tijd waarin duurzaamheid geen bijzaak meer is, maar dé maatstaf voor concurrentievermogen, is remanufacturing doorgesloegen van “reparatie” naar “heruitvinding”.

HERFABRICAGE IN EEN VERSNELD TEMPO

WAT EUROPA KAN LEREN VAN HET CHINESE TECH-ECOSYSTEEM



Begin juli begon ik aan een inspirerende week in China, als onderdeel van een China Tech Tour (georganiseerd door INNO-APAC). Tijdens deze meeslepende reis van een week heb ik samen met 30 deelnemers uit verschillende landen de allernieuwste tech-ecosystemen in Shanghai, Hangzhou en Kunshan (Suzhou) verkend.

We bezochten verschillende industriële sectoren, waaronder biologie, cosmetica, afvalwaterzuivering, fotovoltaïsche (PV) panelen, metaverse, etc. Enkele van de bedrijven die op mij het meest indruk maakten, waren e-commercegiganten zoals Alibaba, GCL Perovskite, dat zonnepanelen met een rendement van meer dan 26% produceert, en Visionox, dat flexibele AMOLED-schermen produceert. Producenten van PV-panelen in China testen mechanische, fysische en chemische processen om afgedankte zonnepanelen te demonteren

en hoogwaardige materialen terug te winnen voor hergebruik.

Ik was ook erg onder de indruk van de ambitieuze ontwikkelingen in het Fengxian District en de Future Science City. Deze steden worden speciaal gebouwd om techbedrijven en start-ups te huisvesten, maar zijn ook bedoeld om een prettige en duurzame leefomgeving te creëren voor de mensen die in deze bedrijven werken. De concentratie van industrieën in deze hubs biedt kansen voor industriële symbiose, waarbij de bijproducten van het ene proces als input voor het andere kunnen dienen, een kernprincipe van circulaire productie.

Er zijn geweldige regionale programma's, ondersteuning en mogelijkheden voor dergelijke bedrijven en mensen om zich in deze gebieden te vestigen. Het was ook fascinerend om te horen over de mentaliteit die hieraan

ten grondslag ligt: mensen met ideeën die de samenleving ten goede kunnen komen, worden sterk ondersteund. De procedures om te starten zijn zeer gestroomlijnd. Zo kun je bijvoorbeeld al je papierwerk in één bezoek afhandelen. Als er nog een bezoek nodig is om alles af te ronden, evalueert de administratie haar processen om de efficiëntie te verbeteren. Een dergelijke snelheid en responsiviteit kunnen waardevolle inzichten opleveren voor Europese benaderingen, waar uitgebreidere regelgevingsprocessen soms de doorlooptijd van duurzaamheidsprojecten, waaronder initiatieven op het gebied van herfabricage, kunnen verlengen.

Het tempo en de schaal van innovatie in China zijn ook van een ander niveau. In 2014 ontstond het idee om de Future Science City in Hangzhou te bouwen en in 2015 werd met de bouw begonnen. In Europa, waar het beleid inzake herfabricage vordert maar de uitvoering



vaak trager verloopt, zou dit vermogen tot snelle uitvoering kunnen helpen om nieuwe circulaire-economiemodellen op grote schaal te testen.

De Chinese samenleving is ook zeer technologisch. Platforms zoals WeChat integreren communicatie, handel en betalingen. In de context van herfabricage kunnen dergelijke digitale ecosystemen producten gedurende hun hele levenscyclus volgen en zo de doelstellingen van het recht op reparatie ondersteunen door reparatie historie en details over revisie onmiddellijk toegankelijk te maken.

China heeft meer dan een miljard inwoners, waardoor de Chinese markt erg groot is en er veel concurrentie is. Desondanks staan wetenschappers en bedrijven open voor samenwerking. Dit is een waardevolle eigenschap bij het aanpakken van gezamenlijke uitdagingen zoals elektronisch afval,

recycling van PV-panelen of het opknappen van batterijen.

Chinese bedrijven en universiteiten staan ook zeer open voor internationale samenwerking. Ik heb tal van onderzoekers en lokale overheidsfunctionarissen ontmoet en gesproken die oprechte interesse toonden in samenwerking met Europa. Voor universiteiten zijn er specifieke subsidies om dit soort samenwerkingsverbanden en partnerschappen te stimuleren. Er zijn ook bedrijven die zich specialiseren in het koppelen van zogenaamde "talenten" uit het buitenland aan onderzoekers en leiders in China. Op het gebied van herfabricage kan dit betekenen: gezamenlijke R&D-projecten, gedeelde normen voor gereviseerde goederen en kennisuitwisseling over strategieën om consumenten te betrekken.

Over het algemeen was deze reis een eyeopener. De diversiteit, snelheid en schaal waarop China zijn tech-industrie ontwikkelt, in combinatie met zijn openheid voor samenwerking, maken het land tot een belangrijke partner in de wereldwijde verschuiving naar herfabricage en de circulaire economie. Door China's vermogen tot snelle schaalvergroting te combineren met Europa's sterke regelgevingskaders en kwaliteitsnormen, kunnen beide regio's de overgang naar producten die langer meegaan, minder afval produceren en meer mensen ten goede komen, versnellen. ■

Auteur:



Salomé Sanchez

Assistent-professor in de onderzoeksgroep Advanced Manufacturing and Sustainable Products and Energy Systems van de UT



REMANUFACTURING FOR GOOD

ONDERDELEN EEN TWEEDE LEVEN GEVEN MET HYBRIDE ADDITIVE MANUFACTURING



De energiesector staat voor een grote uitdaging: hoe kunnen hoogwaardige componenten langer meegaan zonder in te leveren op veiligheid, prestaties of duurzaamheid? Bij traditionele reparatie of vervanging verdwijnen onderdelen vaak op de schroothoop, zelfs als ze grotendeels nog bruikbaar zijn. Dat verspilt grondstoffen, energie en tijd.

Het door de EU gefinancierde project *3D Printing Optimised Production* (3DoP, project-ID 101083997) laat zien dat hybride additive manufacturing hiervoor een krachtig alternatief biedt.

Door geavanceerde metaaldepositie te combineren met precisiebewerking kunnen beschadigde of verouderde onderdelen niet alleen worden hersteld, maar ook verbeterd – met aanzienlijk minder milieubelasting.

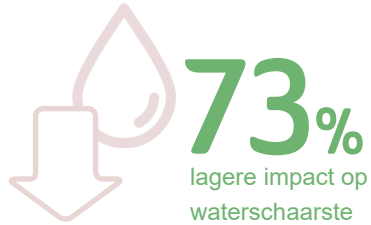
Centraal in deze aanpak staat Laser Directed Energy Deposition. Hierbij smelt een gerichte laser metaalpoeder direct op het onderdeel, zodat precies daar nieuw materiaal wordt toegevoegd waar het nodig is. Dat maakt de techniek bijzonder geschikt voor het repareren én aanpassen van hoogwaardige industriële componenten.

Binnen het project leverde f3nice poeders van roestvrij staal en nikkellegeringen, volledig geproduceerd uit schroot. Valland stelde complexe klepcomponenten beschikbaar uit zijn eigen productlijn. Trentino Sviluppo, beheerder van de PROM-faciliteit, bracht geavanceerde hybride productietechnieken en testcapaciteiten in.

Het project ging verder dan eenvoudige reparaties: het toonde aan dat additieve technieken ook functionele verbeteringen kunnen toevoegen aan bestaande onderdelen, waardoor nieuwe productie in veel gevallen niet meer nodig is.

Aantoonbare milieuvoordelen

De milieuwinst van deze aanpak is vastgesteld via een levenscyclusanalyse, waarbij de hybride methode is vergeleken met conventionele vervanging. De resultaten spreken voor zich:



Deze voordelen komen vooral voort uit het vermijden van nieuwe staalproductie en de bijbehorende energie-intensieve processen. Volgens CTO Matteo Vanazzi laat dit zien dat door gerecycled metaalpoeder te gebruiken en alleen datgene te repareren wat nodig is, grondstoffen langer in de materiaalketen behouden blijven en de milieukosten van onderhoud drastisch dalen.

Richting een toekomst met remanufacturing

Het 3DoP-project levert overtuigende argumenten om hybride additive manufacturing een vaste plaats te geven in industrieel onderhoud. Door de precisie van additieve technieken te combineren met de praktische waarde van reparatie, ontstaat een aanpak die grondstoffen spaart, de levensduur van producten verlengt en aansluit bij de doelstellingen van de circulaire economie.

Trentino Sviluppo speelde hierin een sleutelrol. Het instituut ontwikkelde en verfijnde de procesparameters voor elk materiaal, met speciale aandacht voor de gerecyclede poeders van f3nice. Daarbij stond steeds de noodzaak centraal om sterke metallurgische verbindingen te realiseren en lagen te produceren zonder defecten.

Voor Valland reiken de voordelen verder dan duurzaamheid alleen. Het aanpassen van bestaande componenten op aanvraag kan doorlooptijden verkorten, de behoefte aan voorraad beperken en klanten oplossingen op maat bieden zonder concessies aan



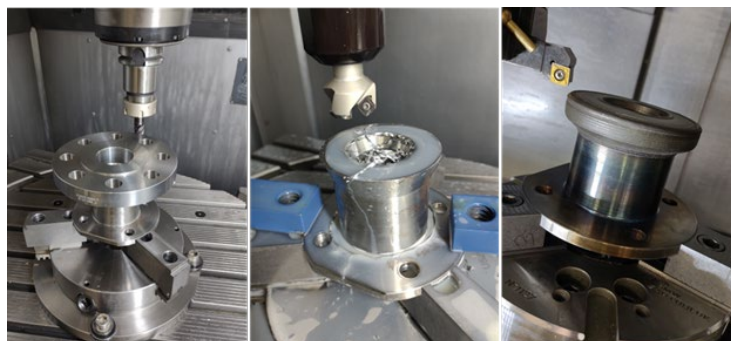
prestaties of regelgeving. Additive Manufacturing Manager Gianluca Acquistapace benadrukt dat hybride additive manufacturing daarmee niet alleen duurzamer, maar ook efficiënter en flexibeler is in het beheer van hoogwaardige componenten.

De conclusie: vaak is het meest duurzame onderdeel het onderdeel dat al bestaat – mits het met innovatieve technieken een nieuw leven krijgt.



Casus: een klepflens krijgt een tweede leven

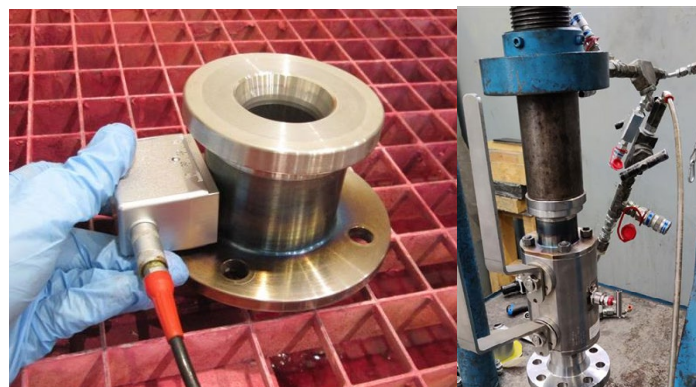
Een concreet voorbeeld is de aanpassing van een LF2-kogelklepflens. In plaats van een geheel nieuw onderdeel uit koolstofstaal te produceren, werd de bestaande flens hergebruikt. Met gerecycled 316L roestvrij staalpoeder van f3nice en Laser Directed Energy Deposition kreeg de flens een nieuwe geometrie.



1. CNC-frezen verwijderde het overtollige materiaal en maakte de flens klaar voor de opbouw.
2. Laser Directed Energy Deposition bouwde het nieuwe materiaal en de gewenste vorm op.
3. Precisiebewerking bracht het onderdeel exact terug naar specificatie.



De gereviseerde flens doorstond kleurpenetratie-, ultrasone-, dimensionale- en druktests en voldeed aan dezelfde operationele normen als een nieuw exemplaar. Dit laat zien hoe hybride additive manufacturing onderdelen een tweede leven kan geven, afval vermindert en de circulaire economie versterkt – zonder in te leveren op kwaliteit of veiligheid.



Dit werk is uitgevoerd in het kader van het 3DoP-project, gefinancierd door de Europese Unie onder het Vanguard Initiative Proposal ID 101083997. De hier weergegeven standpunten zijn die van de auteurs en vertegenwoordigen niet noodzakelijk die van de Europese Commissie.

“Door de precisie van additieve technieken te combineren met de praktische waarde van reparatie, ontstaat een aanpak die grondstoffen spaart, de levensduur van producten verlengt en aansluit bij de doelstellingen van de circulaire economie.”



Over de partners

f3nice: Italiaanse producent van 100% gerecyclede metaalpoeders voor additive manufacturing. Hiermee wordt duurzame productie mogelijk zonder concessies aan materiaalprestaties.



Valland: Ontwerper en fabrikant van hoogwaardige kleppen voor de energiesector, met een sterke focus op het integreren van innovatieve productiemethoden.



Trentino Sviluppo: Regionaal ontwikkelingsagentschap dat de PROM-faciliteit beheert, met geavanceerde mogelijkheden voor productie, prototyping en testen ter ondersteuning van industriële innovatie.

TRENTINOSVILUPPO
IMPRESA INNOVAZIONE MARKETING TERRITORIALE



[Pro]^M
MECHATRONICS
PROTOTYPING
FACILITY

ALS APPARATUUR EEN TWEEDE LEVEN KRIJGT

innoboost

HOE REFURBISHMENT WAARDE CREËERT
VOOR BEDRIJVEN EN DE PLANEET

Hoe refurbishment, geïnspireerd door Philips' Circular Edition, duurzaamheid bevordert en een interessante business case is

In een wereld waarin consumptie en productie nog vaak volgens het lineaire "take-make-waste"-model verlopen, stapt de industrie in toenemende mate over naar circulaire businessmodellen. Refurbishment, waarbij gebruikte producten volledig worden hersteld tot hun oorspronkelijke kwaliteit, is daarbij een krachtige strategie. Philips' "Circular Edition" illustreert hoe refurbishment écht als manufacturing *for good* kan werken.

1. Verlengde levensduur: herwaardering in plaats van vervanging

Philips Circular Edition-systemen ondergaan een streng, OEM-gecertificeerd refurbished proces van zeven stappen. Hier vervangt men defecte of verouderde onderdelen door originele Philips-componenten, gevolgd door cosmetische opfrissing en uitgebreide tests om prestaties als nieuw te garanderen.

Dit model zet oude producten om in waardevolle assets: niet simpelweg tweedehands, maar technisch equivalent aan nieuw, soms met extra aanpassingen of configuratie op maat. Hierdoor wordt de levensduur van complexe apparaten, zoals medische imaging- en therapiesystemen, aanzienlijk verlengd.

2. Circulaire concreet zichtbaar

Circulaire refurbishment heeft aantoonbare milieuwinst. Philips meldde dat Circular Edition-apparaten gemiddeld **25% goedkoper** zijn dan nieuwe systemen en **80% van het materiaal gewicht wordt hergebruikt**.

Een diepgaander voorbeeld: het refurbished Azurion 7 C20-systeem heeft een **28% lagere levenscyclus-CO₂-voetafdruk** dan

een nieuw model, wat resulteert in een besparing van **25,76 ton CO₂-equivalent**. Daarnaast leidt dit tot **60% minder uitstoot in de toeleveringsketen** (Scope 3).

Dit toont aan dat refurbishment niet alleen materiaalverbruik en kosten vermindert, maar ook in belangrijke mate CO₂-uitstoot vermindert, zeker als tijdens gebruik wordt gekozen voor hernieuwbare energie, stijgt de besparing tot wel **55%**.

3. Circulaire economie in actie

Refurbishment behoudt de oorspronkelijke kwaliteit, kennis en technische investering van producten. Het blijft niet steken bij het recyclen van materialen; het benut de volledige operationele waarde. Bij Philips betekent dit duurzame transitie zonder verlies van functioneren, precies wat het circulaire economie principe beoogt.

Ondanks de uitdagingen, de enige weg is om meer circulair te worden.



In tegenstelling tot recycling, waarbij grondstof kwaliteit vaak verloren gaat, blijft bij refurbishment de embedded engineering intact. Een refurbished medisch imaging-systeem behoudt immers zijn ontwerp, precisie en betrouwbaarheid.

4. Een alomvattende maatschappelijke meerwaarde

Naast milieu- en economische voordelen, genereert refurbishment sociale en organisatorische meerwaarde. Philips biedt bijvoorbeeld dezelfde garantie, service en training op refurbished systemen als op nieuwe systemen. Dit versterkt vertrouwen in refurbished technologieën en maakt ze aantrekkelijk voor klinische instellingen.

5. Uitdagingen en de weg vooruit

Toch kent refurbishment obstakels. Klanten en organisaties twijfelen soms over de kwaliteit van refurbished producten; regelgeving kan de acceptatie vertragen en op basis van een traditionele lineaire business case ziet het er in eerste instantie financieel niet aantrekkelijk uit.

Manufacturing for Good met Philips als inspirerend voorbeeld

Philips' Circular Edition laat zien dat refurbishment méér is dan hergebruik. Het is een krachtige motor voor duurzaamheid, circulaire economie, en waardebehoud. Door rigoureuze refurbishment processen, bewezen CO₂- en materiaalbesparing, én inspirerende communicatie, toont Philips hoe manufacturing for good eruit ziet, niet enkel technologische innovatie, maar ook ecologisch, economisch én sociaal evenwichtig.

Refurbishment laat zien dat industrie en milieu geen tegenpolen zijn, maar partners. Het is een overtuigende oproep: laten we produceren met oog voor de toekomst, met producten die circuleren, in plaats van verdwijnen.

Patrick Lerou, Global lead Reclaim & Trade-In Management bij Circular Lifetime Solutions, zegt dat "ondanks de uitdagingen, de enige weg is om meer circulair te worden".

Een belangrijke conclusie die Patrick noemt: het omvormen van een

traditioneel, lineair bedrijf naar een circulair model is misschien wel complexer dan helemaal opnieuw beginnen. Het vraagt om een fundamentele verschuiving in mindset, in de manier van werken én in hoe waarde wordt gecreëerd.

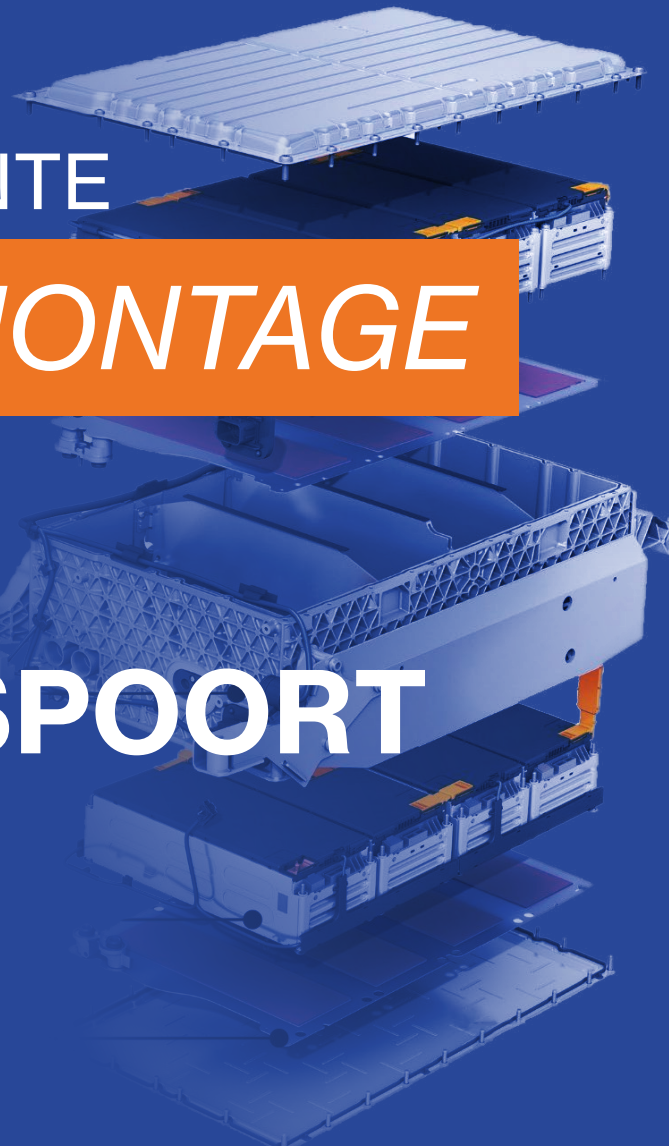
En hier is een gedurfde gedachte die we tijdens een recent gesprek hebben uitgediept: *Hebben we eigenlijk wel een aparte "duurzaamheids-afdeling" nodig? Zou circulair denken niet door de hele organisatie verweven moeten zijn, in plaats van geïsoleerd binnen één team?*

Bij Innoboost geloven we dat de uitdaging niet alleen is om circulariteit mogelijk te maken, maar vooral om het waardevol te maken voor bedrijven, hun partners én de samenleving. Dáárvóór staan wij: we make going circular work and worthwhile. ■

Auteur:



Christiaan Kraaijenhagen
Circular Business Guide,
Innoboost



VEILIGE EN EFFICIËNTE

BATTERIJDEMONTAGE

MET EEN DIGITAAL BATTERIJPASPOORT (DBP)

De toekomst vormgeven: NXTGEN Hightech en de slimme industrie

Nu industrieën wereldwijd onder druk staan om te innoveren, digitaliseren en verduurzamen, zet Nederland met het NXTGEN Hightech-programma een gedurfde stap vooruit. Binnen dit programma speelt het thema Smart Industry (SI05), het realiseren van de fabriek van de toekomst, een centrale rol. Fabrieken worden autonomer, medewerkers productiever en machines slimmer. Productieprocessen verlopen efficiënter, en samen ontwikkelen we de vaardigheden die de Nederlandse maakindustrie versterken.

Meer dan automatisering

Smart Industry gaat verder dan automatisering. Het draait om flexibele productiesystemen die zich snel aanpassen, afval minimaliseren en met minder middelen betere kwaliteit leveren. In een tijd van arbeidskrapte biedt Smart Industry digitale hulpmiddelen die zorgen voor transparante en veerkrachtige ketens. Denk aan digitale tweelingen, realtime feedbacksystemen en uniforme data-standaarden. Daarmee sluiten ontwerp, productie en certificering naadloos op elkaar aan.

empowered by

**NXT
GEN**
hightech

Binnen Smart Industry SI05 ligt de nadruk op de integratie van geavanceerde digitale tools en internationale standaarden met als doel autonoom functionerende productiesystemen. Door middel van digitale blauwdrukken en standaardarchitecturen kan productie flexibeler worden ingericht en foutloze fabricage van complexe producten in kleine series mogelijk worden gemaakt. Automatische configuratie en programmering van processen – inclusief logistiek – zorgen voor kortere insteltijden en constante kwaliteit. De resultaten vormen de basis voor nieuwe nationale standaarden die de concurrentiepositie van Nederland versterken.

Blueprint van de Universiteit Twente voor digitale, veilige en efficiënte demontage van batterijen

Binnen dit kader presenteert de Universiteit Twente (UT) een concreet voorbeeld: het Digitaal Batterijpaspoort (DBP). Hiermee wordt een abstract compliance-concept omgezet in een praktisch hulpmiddel voor de veilige en efficiënte demontage van lithium-

ionbatterijpakketten – en daarmee in een aanjager van echte circulariteit in de industrie.

Data koppelen aan praktijk

Het idee is eenvoudig maar krachtig: als elke batterij beschikt over betrouwbare en gestructureerde data, kunnen technici, robots en beslissystemen sneller, veiliger en met minder fouten werken. Dat is de kern van Smart Industry: datagestuurde autonomie die veiligheid vergroot, doorlooptijden verkort, verspilling vermindert en kwaliteit waarborgt.

De bouwstenen van het DBP

1) Een robuust datamodel

UT heeft een productiegescikt datamodel voor het DBP ontworpen, gebaseerd op literatuur, huidige industriële praktijken en de richtlijnen van de Europese Unie, met een complete, interoperabele en toekomstbestendige structuur.

Datadomeinen: materialen en chemie, ontwerp van cellen/modules/pakketten, productiegesciedenis,

testen en diagnostiek, gebruik/SoX (SoH/SoC/DoD), thermische en veiligheidsgebeurtenissen, service/reparatie, logistiek en resultaten aan het einde van de levensduur.



Relationele integriteit: duidelijke foreign-key-koppelingen tussen levenscyclusfasen (bijv. materiaal → CAM → cel → module → pakket) om de traceerbaarheid te behouden.



Gevalideerde gegevenstypen: sterke gegevenstypen (enums voor chemische samenstellingen en formaten, numerieke bereiken voor spanningen/capaciteit, tijdstempels, geotags) en validatieregels die de DBP betrouwbaar genoeg maken voor automatisering.



Toegang en governance: rollen, machtigingen en audittrails om te voldoen aan veiligheids-, IP- en regelgevingsvereisten.



Smart Industry gaat verder dan automatisering. Het draait om flexibele productiesystemen die zich snel aanpassen, afval minimaliseren en met minder middelen betere kwaliteit leveren.

2) Een prototype: dashboard, database en backend-API

Om de overstap te maken van onderzoek naar praktische toepassing, heeft de UT een werkend prototype ontwikkeld dat een relationele database, backend API en operator dashboard integreert in één coherent systeem. De database, geïmplementeerd in PostgreSQL, slaat levenscyclusgegevens op in gestructureerde tabellen (bijv. materiaalextractie, CAM, celproductie, moduleassemblage, packassemblage), waarbij de traceerbaarheid wordt gewaarborgd door middel van foreign-key relaties. De backend-API, gebouwd in Fast API, biedt veilige, goed gedocumenteerde eindpunten (bijv. /battery/{id}/material, /battery/{id}/modules), waardoor rolgebaseerde toegang voor OEM's, herfabrikanten en recyclers mogelijk wordt. Dit zorgt ervoor dat geauthenticeerde actoren alleen de informatie kunnen bijwerken of ophalen die relevant is voor hun levenscyclusfase. Ten slotte biedt het dashboard een gebruiksvriendelijke interface waar operators toegang hebben tot dynamische first-life-gegevens, zoals SoC/SoH-trends, naast fase-specifieke details zoals connectortypen, bevestigingsspecificaties, isolatiestappen, gevarenwaarschuwingen en koppelingsequenties.

Zoals geïllustreerd in de afbeelding, verbindt dit prototype databasequery's, API-responsen en dashboardvisualisatie, waardoor veilige, efficiënte en traceerbare demontage- en hergebruikoperaties mogelijk worden.

3) Van data naar actie: veilige en efficiënte demontage

De belangrijkste bijdrage van de UT ligt in het omzetten van DBP-gegevens in concrete beslissingen en acties op operatorniveau. Het systeem is ontworpen rond een centraal beheerde database, waar elke levenscyclusfase beperkte toegang heeft en OEM's zich kunnen authenticeren om alleen hun relevante records bij te werken. Zodra het prototype via het dashboard is geopend, geeft het

Database schema:
An illustrative example on how material_id is linked with Cam_id and so on.

Backend API:
The interface to call the specific information from database and send it to dashboard.

Dashboard UI:
Consuming API endpoints & showing the information of respective battery.

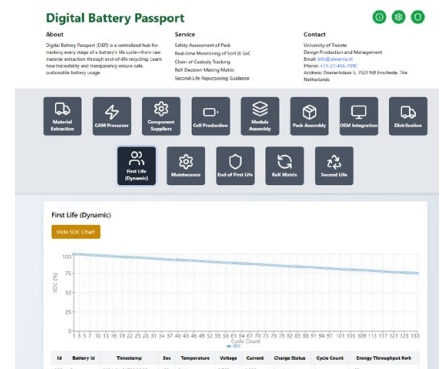
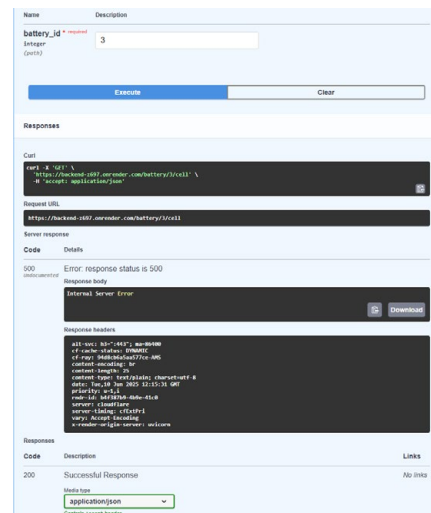


Fig.1 Systeemarchitectuur van het DBP-prototype, ter illustratie van de interactie tussen het dashboard van de operator (frontend), backend-services (Fast API) en relationele database (PostgreSQL). De architectuur zorgt voor traceerbaarheid van de levenscyclus, veilige rolgebaseerde toegang en naleving van de EU-batterijverordening (EU 2023/1542).

prioriteit aan veiligheid door automatische lock-out/tag-out-prompts, isolatiestappen en thermische risicowaarschuwingen te genereren, afgestemd op de specifieke pakketconfiguratie.

Het maakt ook het genereren van procedures mogelijk, waardoor dynamische demontageworkflows worden gecreëerd die gedetailleerde stappen, benodigde gereedschappen, koppelspecificaties, krachtdrempels en PBM-vereisten bevatten die rechtstreeks zijn afgeleid van de specificaties van het pakket, de verbindingsmethoden en de geregistreerde gebeurtenissen.

Tegelijkertijd maakt een beslissingsondersteunende laag gebruik van regels en ML-ready signalen om optimale trajecten voor te stellen, zoals reparatie, modulevervanging, celoogst of directe recycling, compleet met motivering, tijd-/kostenramingen en verwachte opbrengst. Ten slotte sluit het systeem de cirkel door feedback vast te leggen en de werkelijke demontage-uitkomsten te registreren (bijv. gestripte bevestigingsmiddelen, beschadigde lipjes, tijd per stap) om de procedures te verfijnen en de DBP- en voortdurend bij te werken voor volgende levenscycli. Zoals geïllustreerd in figuur 2, vloeit DBP-data

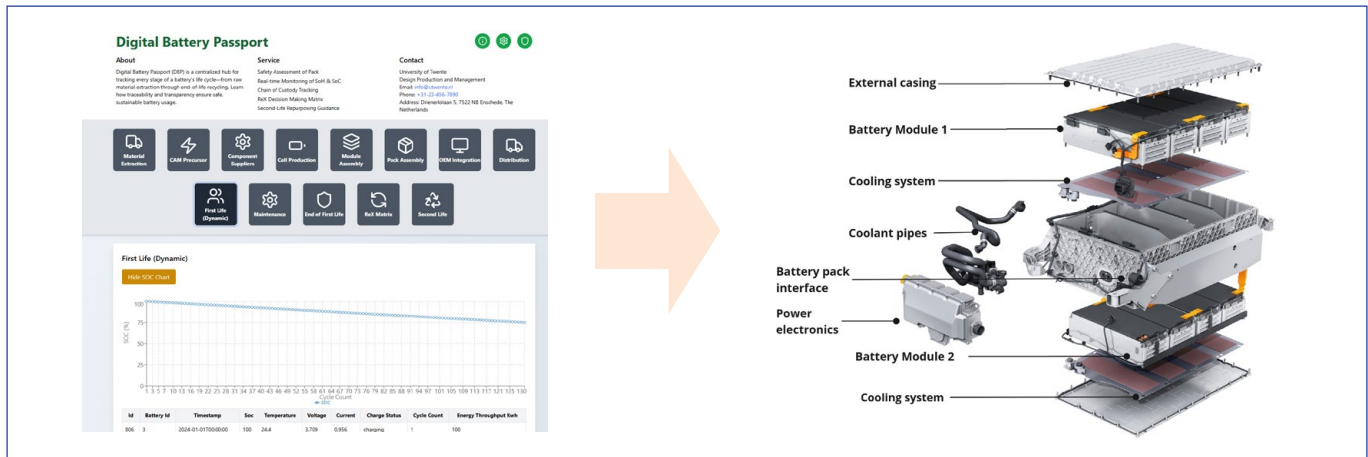


Fig.2. DBP-dashboard gekoppeld aan een demontagemodel op pack-moduleniveau. Levenscyclusgegevens die in de DBP worden vastgelegd, worden vertaald naar uitvoerbare procedures, zoals veiligheidsisolatie, stapsgewijze workflows en beslissingsondersteuning voor reparatie, hergebruik of recycling, afgestemd op het specifieke batterijontwerp.

naadloos over van levenscyclusgegevens naar bruikbare, packspecifieke demontage-instructies, waardoor het paspoort een drijvende kracht wordt achter zowel veiligheid als circulariteit.

De weg vooruit

Door een rigoureuze DBP-structuur en een praktisch prototype te leveren dat gegevens omzet in veilige, efficiënte demontage, heeft UT Smart Industry SI05 een tastbare hefboom gegeven: een datagestuurd circulair productiesysteem. Het prototype, met ingebouwde smart industry-mogelijkheden, kan direct worden aangesloten op autonome fabrieksconcepten. Dankzij digitale tweelingen en traceerbaarheidsfuncties konden DBP-gegevens worden gebruikt voor simulaties en kwaliteitsregistraties voor certificering en naleving.

Cruciaal is dat het prototype laat zien hoe batterijen veilig en efficiënt kunnen worden gedemonteerd door essentiële gegevens uit verschillende levenscyclusfasen te combineren met dynamische informatie, zoals het structurele ontwerp van de batterij, de staat van onderhoud, de gebruiksgeschiedenis en veiligheidsincidenten. Hierdoor zijn operators niet langer aangewezen op onvolledige handleidingen of giswerk, maar hebben ze op het moment van ingrijpen toegang tot nauwkeurige connectortypen, specificaties van bevestigingsmiddelen,

gevaarwaarschuwingen en live diagnostiek. Op deze manier evolueert de DBP van een nalevingsinstrument naar een praktische enabler van veilige, consistente en kosteneffectieve circulaire praktijken.

Hoe dit de Smart Industry SI05-doelstellingen bereikt

Hogere autonomie en productiviteit: machinaal leesbare DBP-gegevens en API-gestuurde workflows verminderden de insteltijd, fouten en handmatig zoeken.

Kwaliteit en veiligheid door ontwerp: gevalideerde gegevens en prescriptieve stappen beschermen operators en zorgen voor consistente resultaten.

Circulariteit op schaal: gestructureerd bewijs maakt hergebruik, herfabricage en hoogwaardige recycling mogelijk, in plaats van standaard versnippering.

Talent en verbetering van het ecosysteem: een concrete referentiestack – schema, API en UI – versnelt de acceptatie door Nederlandse leveranciers en trainingsprogramma's.

Het digitale batterijpaspoort is meer dan een wettelijke vereiste. Het fungeert als katalysator voor veiligere, slimmere en duurzamere productie. Door gegevens over de hele levenscyclus van batterijen te koppelen en om te zetten in praktische stappen, laat het prototype van de Universiteit Twente zien hoe circulariteit onderdeel kan worden van de dagelijkse industriële praktijk. Voor de Nederlandse industrie betekent dit een grotere veerkracht, nieuwe kansen op het gebied van remanufacturing en een sterkere rol in de wereldwijde transitie naar schone energie. Naarmate Smart Industry SI05 vordert, biedt het DBP een blauwdruk voor het omzetten van uitdagingen in voordelen. ■

Auteurs:



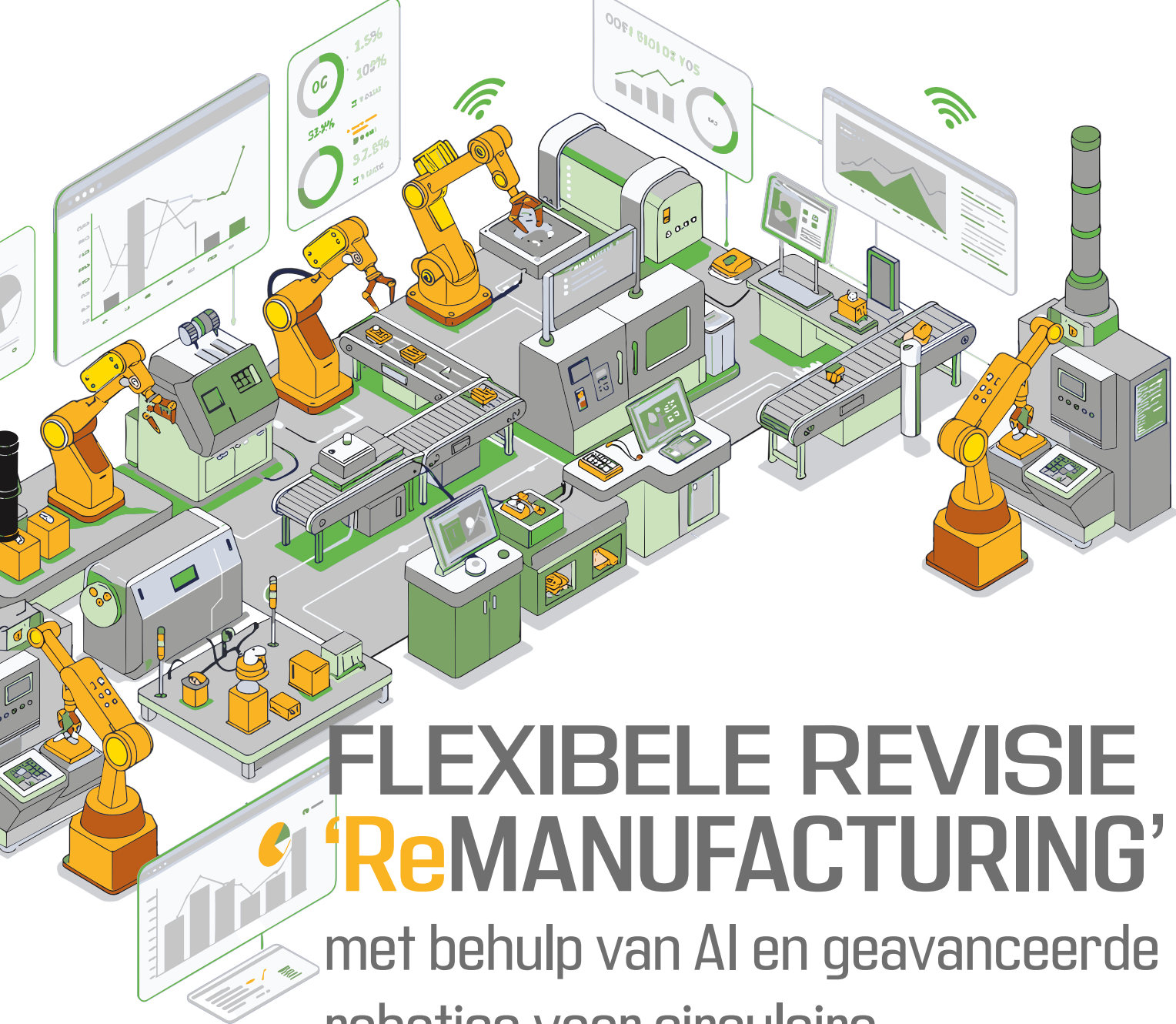
Prof. Sebastian Thiede
Hoogleraar, Voorzitter van Manufacturing Systems, Universiteit Twente



dr.ing. Shun Yang
Universitair Docent, Universiteit Twente



Niraj Chauhan
Promovendus, Universiteit Twente



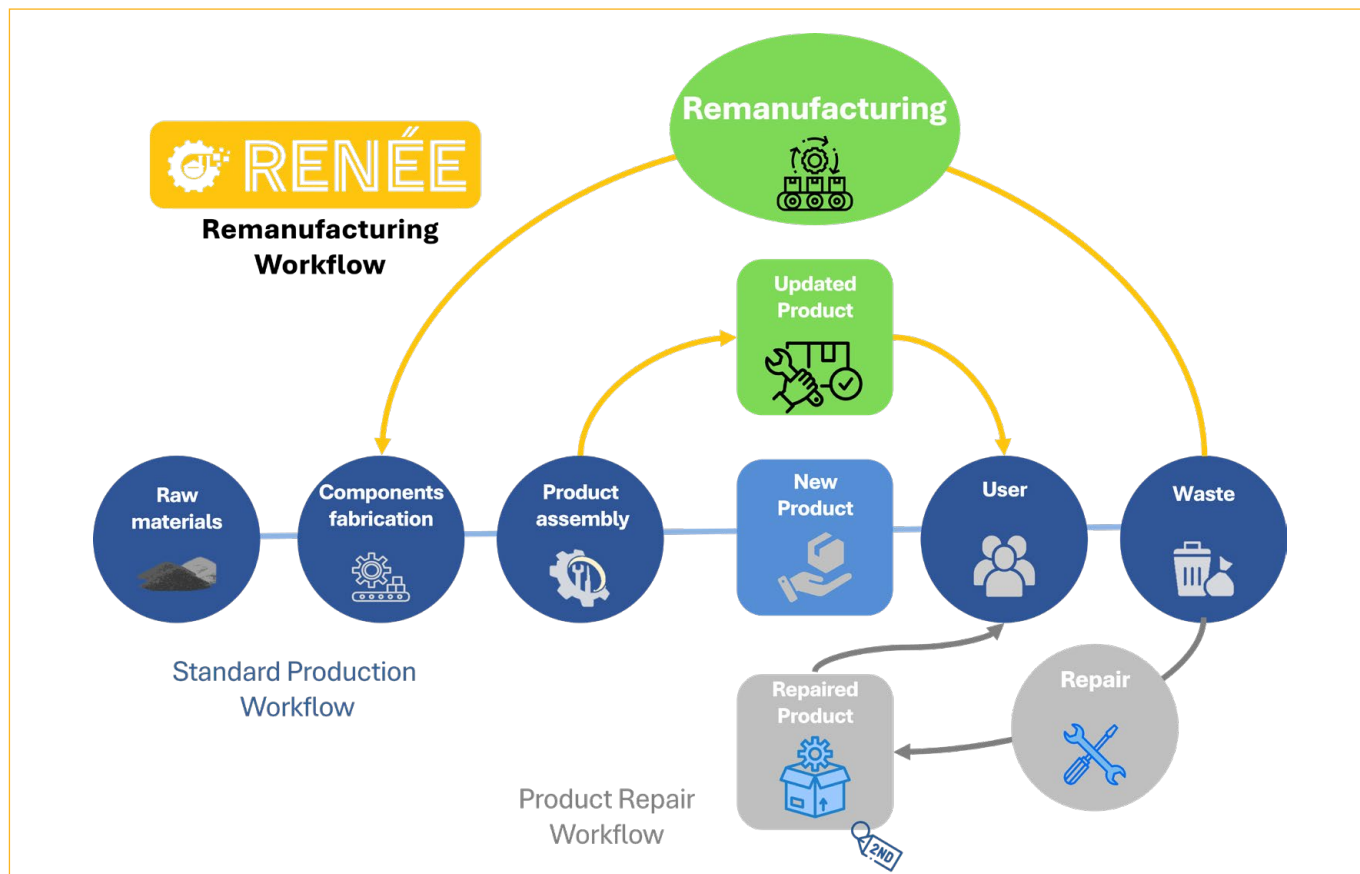
FLEXIBELE REVISIE 'ReMANUFACTURING' met behulp van AI en geavanceerde robotica voor circulaire waardekets in de EU-industrie



In heel Europa stimuleert de productiesector welvaart en innovatie. De sector creëert banen, versterkt het concurrentievermogen en levert de technologieën die het moderne leven aandrijven. Deze kracht brengt echter ook een uitdaging met zich mee: industrieën blijven grondstofintensief, verbruiken grondstoffen en energie in onhoudbare hoeveelheden en produceren aanzienlijke hoeveelheden afval. In een tijdperk dat wordt gekenmerkt door klimaatverandering, verstoringen in de toeleveringsketen en een tekort aan kritieke grondstoffen, springt één principe in het oog als zowel

een noodzaak als een kans: **revisie (remanufacturing)**.

Revisie is meer dan reparatie of recycling. Het is een proces waarbij gebruikte producten en onderdelen worden hersteld tot een zo goed als nieuwe staat, met prestaties, kwaliteit en betrouwbaarheid vergelijkbaar met die van nieuwe producten. Dit bespaart grondstoffen, vermindert emissies en ontsluit nieuwe bedrijfsmodellen en consumentenwaarde. Revisie vormt de kern van de circulaire economie, waarin waarde behouden en verlengd wordt in plaats van weggegooid.



▲ Figuur 1. Workflow van revisie (Bron: [1])

Uitdagingen voor revisie

Ondanks de veelbelovende mogelijkheden is revisie nog geen gangbare praktijk. Onzekerheid over de staat van geretourneerde producten, variabiliteit in vraag en aanbod en het ontbreken van gestandaardiseerde processen vormen belangrijke belemmeringen. Inconsistente kwaliteitscontroles en afhankelijkheid van handmatige handelingen leiden

vaak tot inefficiëntie en hogere kosten. Bovendien moeten industrieën ervoor zorgen dat gereviseerde goederen aan dezelfde veiligheids- en prestatienormen voldoen als nieuwe producten — een uitdaging die innovatie vraagt in technologie, bedrijfsvoering en goed opgeleide operators.

Uitgelichte inhoud

Het door de EU gefinancierde project **RENÉE** EU-funded project (GA 101138415) onderdeel van

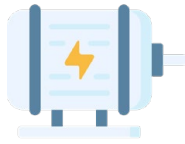
het Horizon Europe onderzoeks- en innovatieprogramma, stimuleert de toepassing van circulaire economieprincipes door middel van innovatieve revisieoplossingen. De productiesector blijft een hoeksteen van de Europese economische groei, maar is ook een belangrijke verbruiker van hulpbronnen en energie. RENÉE wil dit landschap veranderen door grote uitdagingen in revisie aan te pakken, waaronder grondstoffenschaarste, milieu-impact en variabiliteit in geretourneerde producten.

RENÉE wil dit landschap veranderen door grote uitdagingen in revisie aan te pakken, waaronder grondstoffenschaarste, milieu-impact en variabiliteit in geretourneerde producten.

Lessen uit de industriële use cases van RENÉE

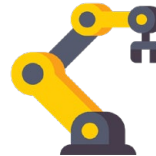
Recente proefprojecten in heel Europa laten zien hoe uitdagingen kunnen worden omgezet in kansen:

E-mobiliteitsmotoren (Frankrijk)



De revisie van elektrische voertuigmotoren maakt het hergebruik van waardevolle zeldzame aardmetalen mogelijk. AI-gestuurde tests bepalen welke onderdelen behouden kunnen blijven, terwijl collaboratieve robotica de demontage ondersteunt. Het resultaat: een kosteneffectief en emissiearm alternatief voor nieuwe motorproductie.

Industriële robots (Italië)



Revisie van industriële robots verlaagt de kosten met wel 40% en bespaart honderden kilo's staal en aluminium. Door digitale tweelingen van het revisieproces te creëren, krijgen operators realtime inzicht, terwijl bedrijven nieuwe modellen kunnen invoeren, zoals robot-as-a-service.

Huishoudelijke apparaten (Turkije)



Een grote fabrikant van huishoudelijke apparaten is pionier in de revisie van koelkasten. Geretoureerde apparaten worden systematisch gereviseerd, wat bijna 280 kg CO₂ per apparaat

Fietsen voor circulaire mobiliteit



In samenwerking met winkels worden gebruikte fietsen door geautomatiseerde systemen beoordeeld en gereviseerd. Dit resulteert in betaalbare, gecertificeerde tweedehands mobiliteitsoplossingen, die bijdragen

aan duurzaam vervoer en de vraag naar nieuwe grondstoffen verminderen.

Deze voorbeelden illustreren dat revisie niet beperkt is tot één sector. Het is aanpasbaar, schaalbaar en nauw verbonden met de producten die ons dagelijks leven vormgeven.

Mensgerichte revisie

Revisie draait niet alleen om machines, maar ook om mensen. Nieuwe processen vragen om nieuwe vaardigheden: van werken met AI-gestuurde diagnostiek tot het bedienen van geavanceerde robotsystemen. De ontwikkeling van vaardigheden wordt daarom cruciaal. Op maat gemaakte onderwijsplatforms en ondersteunende operator-technologieën zorgen ervoor dat werknemers niet achterblijven, maar juist profiteren van innovatie. Op deze manier versterkt revisie zowel ecologische als sociale duurzaamheid.

RENÉE Remanufacturing cases

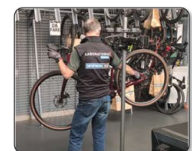
EV motors industry

Design the next generations of Electrical motors for remanufacturing and implement automation technologies for larger scale remanufacturing.



Mobility Industry

Implementing autonomous quality control systems supported by digital infrastructures



Robotics Industry

Deploying a robot-assisted solution for the manipulation and handling of the heavy robot component parts in an HRC production scheme



Household Appliances

Implementing HRC for Refrigerator remanufacturing, involving state diagnosis, classification, and disassembly-assembly.



▲ Figuur 2. Toepassingen van revisie (Bron: [2])

In de komende jaren zal revisie niet alleen bepalend zijn voor hoe we produceren en consumeren, maar ook voor hoe we werken en leven.

Vooruitblik

Wat brengt de toekomst voor revisie in Europa?



Digitale integratie: tools zoals Digitale Productpaspoorten (DPP) maken volledige traceerbaarheid van producten gedurende hun levenscyclus mogelijk, waardoor materialen en componenten eenvoudiger kunnen worden hergebruikt en teruggewonnen.



Generatieve AI in de industrie: adaptieve AI maakt het mogelijk om revisiestrategieën ter plekke te ontwikkelen, zodat beter kan worden omgegaan met onzekerheid en variabiliteit van geretourneerde goederen.



Nieuwe bedrijfsmodellen: van leasing tot product-as-a-service — revisie ondersteunt flexibelere eigendomsmodellen en biedt consumenten betaalbare, duurzame keuzes.



Beleid en regelgeving: met de Critical Raw Materials Act en het Circular Economy Action Plan krijgt revisie politieke en regelgevende steun. Dit creëert een unieke kans voor industrieën om innovatie te koppelen aan beleidssteun.

Conclusie

Revisie laat zien dat industrie en duurzaamheid hand in hand kunnen gaan. Door levenscycli te verlengen, afval te verminderen en waardeketens te vernieuwen, draagt het direct bij aan Europa's weg naar klimaatneutraliteit. De voorbeelden van elektromotoren, koelkasten, robots en fietsen laten zien wat er mogelijk is wanneer technologie, bedrijfsleven en mensen samenkomen. In de komende jaren zal revisie niet alleen bepalend zijn voor hoe we produceren en consumeren, maar ook voor hoe we werken en leven. Het herinnert ons er krachtig aan dat de toekomst van de industrie niet ligt in méér produceren, maar in *béter* produceren — voor mensen, voor bedrijven en voor de planeet. ■

Auteurs:



Co-funded by the European Union



Bronnen

[1] <https://renee-project.eu/>

[2] <https://www.effa.eu/news/renee-advancing-flexible-human-centric-remanufacturing/>



VAN AFVAL TOT OPSLAG

EEN TWEEDE LEVEN VOOR AFGEDANKTE LOODZUURACCU'S

Stel je een magazijn voor met tonnen afgedankte loodzuuraccucellen – verroest, gesulfateerd, bestemd voor recycling. Wat als veel van deze batterijen niet zouden hoeven worden omgesmolten, maar opgeknapt kunnen worden en zo opnieuw gebruikt kunnen worden voor energieopslag? Dat is het idee achter het ReLAB-project, een samenwerking tussen Riwald Recycling en het Fraunhofer Innovation Platform for Advanced Manufacturing aan de Universiteit Twente (FIP-AM@UT). In het afgelopen halfjaar is een raamwerk ontwikkeld en getest om gerecyclede loodzuurbatterijen in de praktijk te kunnen beoordelen en mogelijk te reconditioneren.

Afval omzetten in kansen

Loodzuuraccu's behoren tot de meest gerecyclede consumentenproducten ter wereld. De terugwinningspercentages

in Europa en de VS zijn toonaangevend. Maar dat betekent niet dat de ingeleverde accu's daadwerkelijk worden hergebruikt. Doorgaans worden afgedankte accu's vermalen en gesmolten, zonder dat er wordt gekeken of ze nog bruikbare capaciteit hebben. Aangezien veel cellen 'te vroeg' worden vervangen om storingen te voorkomen, is er een reële kans dat er extra waarde gehaald kan worden uit de ingeleverde accu's.

Mijn masterthesis speelt in op die kans door de ontwikkeling van een **beslissingsboom** die snelle screeningtests (visuele inspectie, spanning, interne weerstand en zelfontlading) combineert met diepgaandere cyclustests en reconditioneringsstappen. Het doel: de cellen die echt defect zijn uit de voorraad filteren en de cellen redden die nog jarenlang secundair kunnen worden gebruikt.

Gevonden: 43 ton, honderden kWh

Met het ontwikkelde raamwerk werden in de voorraad van Riwald meer dan **500 cellen** gescreend. Zoals verwacht waren veel cellen in slechte staat: gebarsten behuizingen, ernstige sulfatering en accu's die niet door de visuele inspectie kwamen. Maar de resultaten waren verrassend significant: **bijna de helft van de Hoppecke-cellen** bleek voldoende potentieel te hebben voor hergebruik (direct of na reconditionering). Deze bevinding vertegenwoordigt **meerdere honderden kilowattuur** aan energieopslagcapaciteit die anders naar de smelterij zou zijn gegaan.

Belangrijk is dat het raamwerk een duidelijke categorisering mogelijk maakte: cellen gemarkeerd voor hergebruik, cellen voor revisie en cellen voor recycling. Dit hielp Riwald om de logistiek te optimaliseren en onnodig transport van onbruikbaar materiaal te voorkomen.

Praktijktests: werkvloer FIP en off-grid tiny house

Er zijn twee casestudy's uitgevoerd om het ontwikkelde raamwerk in de praktijk te testen:



Op de werkvloer van FIP (aangesloten op het elektriciteitsnet) werden gerecyclede batterijen aangesloten

op een 12V-opslagsysteem en een 24V-UPS. Het systeem zorgde voor stabiele laad-/ontlaadcycli met behulp van commerciële omvormers; de UPS wist stroomuitval voor 3D-printers op te vangen en kon worden uitgebreid naar andere toepassingen. Hoewel de batterij relatief klein was in verhouding tot de energiebehoefte van FIP, bewezen de demonstraties de technische haalbaarheid en leverden ze waardevolle lessen op het gebied van controle, veiligheid en monitoring. Het systeem kan nu worden gebruikt als demonstratiemodel bij FIP.



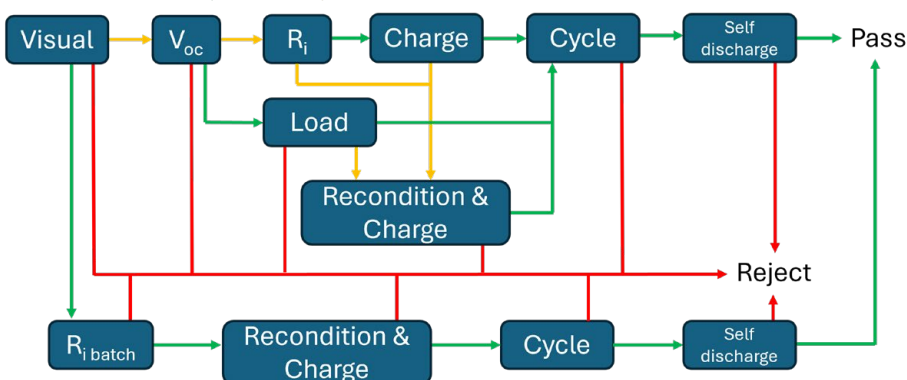
In een off-grid tiny house werkte het systeem onder variabele zonne-input.

De prestaties waren bescheiden – een round-trip-efficiëntie van ongeveer 42% – maar de resultaten toonden aan dat gerecyclede batterijen zelfs in een kleinschalige omgeving op een veerkrachtige manier energie kunnen leveren, vooral wanneer kosten en robuustheid de belangrijkste doelstellingen zijn.

In beide gevallen kwamen belangrijke uitdagingen naar voren: onbalans tussen de cellen vertekende de resultaten, voor het hanteren van cellen van 100 kg is speciale apparatuur nodig en de aansluitingen waren niet perfect. Desalniettemin hebben de experimenten aangetoond dat loodzuurbatterijen ook in systemen buiten het laboratorium een tweede leven kunnen krijgen en hier echt waarde kunnen toevoegen.

Beslissingsboom voor afgedankte loodzuuraccu's

Test result: **Good**, **Medium**, **Bad**.



Waarom het belangrijk is: winst, planeet en praktijk

Dit werk bevindt zich op het snijvlak van economie, duurzaamheid en industriële praktijk, waarin ook maatschappelijke (veiligheids)overwegingen niet uit het oog verloren worden. Voor recyclingbedrijven zoals Riwald biedt het een **waardestroom** die verder gaat dan traditionele terugwinning van metalen. Voor gebruikers van hernieuwbare energie biedt het een goedkope opslagoptie die geschikt is voor stationair gebruik waar gewicht of grootte minder belangrijk zijn, bijvoorbeeld voor elektrische kranen of stroomvoorziening op bouwplaatsen. Voor de planeet bestaat de winst uit het uitstellen van het omsmelten van de accu's en het verminderen van de vraag naar grondstoffen voor batterijen.

Natuurlijk is hergebruik niet zonder nadelen. De efficiëntie van de gerecyclede loodzuursystemen is lager dan behaald kan worden met lithiumtechnologieën en de zwakste cel in een batterijpakket kan de prestaties van het hele systeem kelderen. Maar in toepassingen waar robuuste, brandveilige en goedkope opslag voorop staat, kunnen gerecyclede loodzuursystemen nichemarkten bedienen en belemmeringen in de circulaire economie opheffen.

Wat volgt nu?

De vervolgstappen zijn onder meer:

Opschalen: het ontwikkelde raamwerk testen bij andere recyclingfaciliteiten, met verschillende celtypen en grotere volumes.

Economische modellering & LCA: nauwkeurige kosten- en milieueffectmodellen maken met behulp van echte operationele gegevens.

Beleid & acceptatie door de industrie: samenwerken met certificeringsinstanties, toezichthouders en batterijfabrikanten voor de validatie van hergebruikstrajecten.

Batterijontwerp: Riwald is geïnteresseerd in het gebruik van alle herbruikbare cellen in een groot opslagsysteem dat is aangesloten op het elektriciteitsnet, wat bijdraagt aan de algehele stabiliteit van het elektriciteitsnet.

Auteur:



Matthias Hofstede
MSc-afgestudeerd Sustainable
Energy Technology,
Universiteit Twente



HET BELANG VAN HET KIEZEN VOOREEN LEVERANCIER VAN AM PRODUCTIEDIENSTEN

Hoewel 'waar voor je geld' vaak het meest geanalyseerde criterium is, gaat het bij het werken met een oplossingleverancier in werkelijkheid om meer dan alleen dit belangrijke argument. Hoewel de markt van bedrijven die additive manufacturing (AM) diensten aanbieden in de loop der jaren is gegroeid, hebben ze niet allemaal dezelfde industriële achtergrond en ontbreekt het bij sommige aan focus op kwaliteit en industrialisatie.

De afgelopen jaren heeft het additief produceren van metaal geleidelijk een verschuiving gezien van prototyping naar mainstream productietechnologie voor verschillende industrieën, zoals de medische, lucht- en ruimtevaart- en automobielenindustrie.

De wijdverbreide toepassing in de industrie was echter gericht op relatief kleine componenten, aangezien de productie van grote metalen onderdelen technisch niet mogelijk of economisch niet aantrekkelijk was met behulp van poedergebaseerde processen. Zoals blijkt uit de AMPOWER-technologiekaart, hebben draadgebaseerde DED (directed energy deposition) processen en WAAM (wire arc additive manufacturing) de afgelopen jaren een aanzienlijke verschuiving laten zien op zowel technologisch als economisch vlak, waardoor het nu mogelijk is om grote metalen onderdelen op een herhaalbare, hoogwaardige manier (in serie) te produceren of te herfabriceren.

Grootte doet er toe!

De **intrinsieke voordelen van AM** (kleine batchgroottes, voorraadvermindering, verouderingsbeheer, enz.) **zijn inderdaad bijzonder aantrekkelijk voor grote metalen componenten die worden gebruikt in industriële sectoren** zoals olie & gas, maritiem, energie, transport, mijnbouw, lucht- en ruimtevaart, defensie of zware machines. Deze sectoren maken vaak gebruik van gietstukken of smeedstukken die, afhankelijk van de omgeving waarin ze worden gebruikt, gemaakt kunnen zijn van koolstofstaal of roestvast staal, op nikkel gebaseerde legeringen of zelfs titanium. Het is een feit dat hoe complexer de geometrie wordt, hoe meer het giet- of smeedproces zelf leidt tot aanzienlijke materiaalverspilling, maar ook tot langere doorlooptijden en niet te verwaarlozen uitvalpercentages.

Al deze beperkingen zetten fabrikanten er vaak toe aan om productieprocessen te onderzoeken die het beste aan deze eisen kunnen voldoen.

 **Guaranteed**

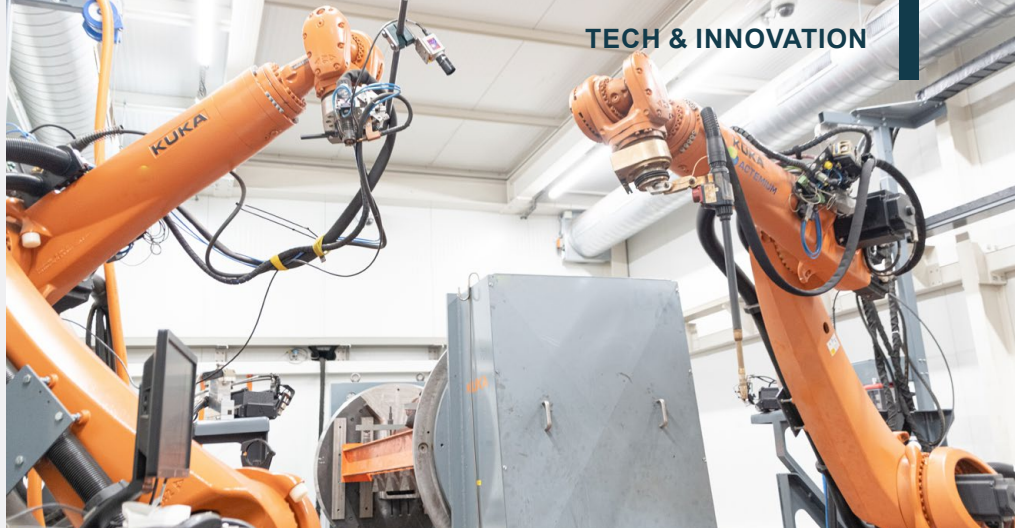


“De combinatie van componentgrootte en functionele complexiteit maakt een overtuigend pleidooi voor de draadgebaseerde DED-processen (CMT en plasma) die door Guaranteed als one-stop-shop-productiedienst worden aangeboden, omdat hiermee onderdelen tot 10 x 5 x 6 meter en tot 20 ton binnen korte doorlooptijden tegen concurrerende kosten near-net-shape kunnen worden geproduceerd. Momenteel is de materiaaldatabase al goed gevuld (staal, roestvrij staal, Inconel, titanium, aluminium, brons ...), maar deze kan op verzoek van onze klanten gemakkelijk worden uitgebreid”, aldus Joachim Antonissen, CEO van Guaranteed.



Vanuit kosten oogpunt moet worden opgemerkt dat er een ruime keuze is aan in de handel verkrijgbare lasdraden, die aanzienlijk goedkoper zijn dan hun poedervarianten. Daar komt nog bij dat er onderdelen worden geproduceerd die quasi 100% dicht zijn, wat een, voor poederproducten gangbare, HIP-behandeling overbodig maakt. Dit maakt draadgebaseerde processen zoals WAAM vanuit economisch oogpunt een interessante keuze.

Aangezien Guaranteed's technologieën een hybride aanpak mogelijk maken door bovenop een bestaand onderdeel (bijv. plaat of cilinder) te lassen of zelfs een bestaand onderdeel te repareren, wordt de businesscase nog verder verbeterd, zelfs zonder rekening te houden met logistieke besparingen zoals kortere doorlooptijden of lagere voorraadkosten. Naast de economische voordelen die hieruit voortvloeien, dragen lokale reparaties of *on-demand near-net-shape-productie* ook bij aan duurzaamheid, aangezien ze de behoefte aan grondstoffen en transport aanzienlijk verminderen.



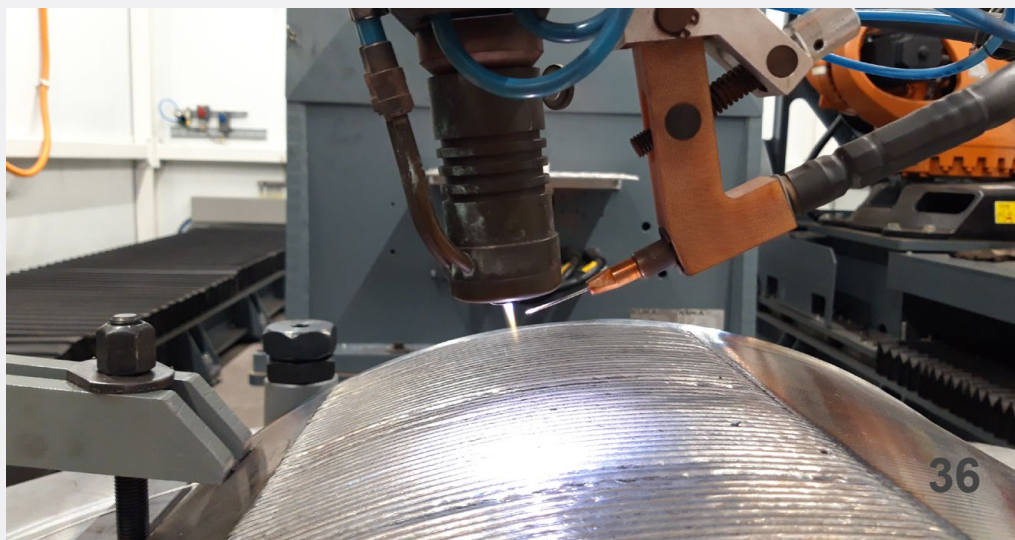
Kosten zijn belangrijk, kwaliteit is de beste manier om ze te verlagen

Bij de overstap van conventionele productie naar additive manufacturing moet bij de beoordeling van de businesscase uiteraard rekening worden gehouden met de certificeringseisen die volgen uit de bedrijfsomstandigheden van het onderdeel. Afhankelijk van hoe kritisch een onderdeel is, kan certificering betekenen dat er behalve het eigenlijke onderdeel ook een aanzienlijk aantal testmonsters voor destructieve testen moet worden geprint. Met behulp van zijn procesbesturingssoftware kan Guaranteed de prestaties van onderdelen garanderen, waardoor het aantal dure trial-and-error-cycli aanzienlijk wordt verminderd. Guaranteed is betrokken bij verschillende samenwerkingsprojecten die tot doel hebben duidelijke certificeringsrichtlijnen op te stellen voor het gebruik van AM in de olie- en gasindustrie, de maritieme sector, de spoorweginindustrie en de lucht- en ruimtevaartindustrie. **Het bedrijf zet zich in om certificering tot een inherent onderdeel van**

zijn kwaliteitsborgingskader te maken. Proceskwalificatie, in plaats van kwalificatie van afzonderlijke onderdelen, zal het portfolio van AM-onderdelen en -componenten verbreden, waardoor snellere kwalificatie en/of certificering kan worden bereikt dan nu het geval is. In nauwe samenwerking met vooraanstaande universiteiten ontwikkelt Guaranteed de volgende generatie WAAM-technologie. Deze technologie maakt inline niet-destructief testen mogelijk, waardoor de depositiesnelheid nog verder kan worden verhoogd zonder dat dit ten koste gaat van de kwaliteit, terwijl de dynamische mechanische eigenschappen worden verbeterd tot boven die van gesmeed materiaal door tijdens het proces de microstructuur te manipuleren.



“Geboren uit innovatie, gebruiken we geavanceerde en unieke simulatie-, monitoring- en inspectietools om een foutloze productie te garanderen. Opgegroeid in de industrie, garanderen we industriële betrouwbaarheid vanuit één loket”, aldus Michiel Debel, CTO van Guaranteed.





Is het beste reserveonderdeel een virtueel onderdeel?

Naarmate installaties in steeds uitdagender omgevingen worden gebruikt, neemt de kans toe dat essentiële onderdelen defect raken, verouderd raken door technologische veranderingen of wijzigingen in normen, of uit productie worden genomen voordat ze het einde van hun levensduur hebben bereikt. De kleine series en korte levenscycli van onderdelen in vergelijking met de installaties vormen een uitdaging voor het voorraadbeheer en versterken de argumenten voor de productie van grootschalige metalen onderdelen middels AM.

Traditionele productietechnologieën maken het te duur en te tijdrovend om onderdelen op aanvraag te produceren. Het resultaat is een aanzienlijke voorraad van onderdelen die niet vaak worden besteld, wat kapitaal vastlegt in producten die niet worden gebruikt. Ze nemen fysieke ruimte, gebouwen en grond in beslag en brengen huur-, nuts-, verzekerings- en belastingkosten met zich mee.

Ondertussen gaan de opgeslagen producten achteruit en raken ze verouderd. Door deze onderdelen op aanvraag te produceren met behulp van AM, is het niet meer nodig om een grote voorraad aan te houden en worden de daarmee gepaard gaande kosten geëlimineerd, terwijl de levensduur van de activa wordt verlengd.

Vandaag de dag neemt Guaranteed al actief deel aan digitale magazijn-ecosystemen in sectoren zoals olie & gas, spoorwegen en maritieme industrie.



“AM ondersteunt onze activiteiten met kortere doorlooptijden, omdat het een verschuiving teweegbrengt naar het just-in-time inkopen van onderdelen in plaats van just-in-case. De traditionele manier om reserveonderdelen aan te schaffen bij de installatie van nieuwe apparatuur is wellicht niet langer nodig als we de onderdelen met dezelfde of een betere kwaliteit kunnen printen. Reserveonderdelen die in een magazijn worden opgeslagen, moeten op de juiste manier worden bewaard en geconserveerd, wat kosten met zich meebrengt en geen flexibiliteit biedt wanneer de bedrijfsomstandigheden veranderen en de originele reserveonderdelen mogelijk niet langer geschikt zijn. Wij zijn van mening dat het just-in-time printen van reserveonderdelen uiteindelijk de kosten voor het aanschaffen van specifieke onderdelen verlaagt, met name onderdelen die cruciaal zijn voor de bedrijfsvoering”, aldus A. Goh van Shell.



Value the future, upgrade the past

Verouderde installaties zijn een veelvoorkomend probleem in veel industrieën. Activa worden steeds vaker langer gebruikt dan hun oorspronkelijke ontwerplevensduur, waardoor onderdelen een groot risico op stilstand of defecten vormen. Dit kan leiden tot aanzienlijke stilstandstijd, wat jaarlijks honderdduizenden euro's kan kosten. Het is moeilijk om de integriteit van apparatuur te behouden, aangezien identieke vervangingsonderdelen niet meer verkrijgbaar zijn vanwege veroudering van het apparaatmodel of veranderingen in technische normen.

Met de on-demand WAAM-diensten van Guaranteed kunnen dergelijke onderdelen tegen een betaalbare prijs worden gereproduceerd, zelfs voor enkelstuks, gerepareerd of gereviseerd. In het laatste geval wordt het oorspronkelijke ontwerp of de materiaalkeuze van het onderdeel geüpgraded, waardoor het gereviseerde onderdeel betere prestaties levert of een langere levensduur heeft dan het oorspronkelijke OEM-onderdeel.

Guaranteed gaat echter ook verder dan de huidige stand van de techniek. Recente baanbrekende technologie zorgt ervoor dat er nu ook hoogwaardige, complex gevormde interne holtes in grote metalen geprinte onderdelen kunnen worden geïntegreerd. Hierdoor kunnen nieuwe functionaliteiten worden toegevoegd, zoals verbeterde koel- of verwarmingsprestaties of de mogelijkheid om sensoren of kabels door te voeren zonder dat er dure en risicovolle diepgatboringen nodig zijn.



Minder is meer

Met klimaatverandering als de belangrijkste uitdaging van de 21e eeuw zijn efficiënt gebruik van hulpbronnen en het verkleinen van de CO2-voetafdruk essentiële uitdagingen geworden voor de hedendaagse productie-industrie. Lokale productie om transportinspanningen te verminderen en het op aanvraag produceren van onderdelen om direct afval te verminderen en het weggooien van overtollige onderdelen te voorkomen, zullen uiteindelijk noodzakelijk worden om belastingheffing of institutionele sancties te vermijden. Bovendien zal de vraag naar het opknappen van machines en producten om hun levensduur te verlengen, blijven groeien.



“AM en digitale onderdelenbibliotheken zullen leiden tot kostenbesparingen door kleinere voorraadvolumes en een vermindering van de kosten en risico's van veroudering en achterhaaldheid. Naarmate Equinor overstapt op koolstofneutraal en het gebruik van hernieuwbare energie vergroot, zal het steeds belangrijker worden om de milieu-impact van de productie van apparatuur en het transport van onderdelen via de toeleveringsketen te verminderen”, voegt Brede Laerum van Equinor toe.



In een studie die door Guaranteeed is uitgevoerd in nauwe samenwerking met DNV en Kongsberg Maritime, is een vergelijkende levenscyclusanalyse gemaakt voor verschillende onderdelen. De resultaten van deze studie tonen duidelijk aan dat er met productie middels WAAM aanzienlijk minder CO2-uitstoot en energieverbruik nodig is dan met van conventionele productieopties zoals gieten of smeden. Deze reductie wordt nog sterker wanneer er gebruik gemaakt wordt van reparatie of renovatie middels WAAM.

Bewijs, geen beloften

Omdat bewijs in de praktijk moet worden geleverd, werkt Guaranteeed in volledige transparantie en nauwe samenwerking met klanten wereldwijd om de lessen uit elke businesscase te analyseren, te optimaliseren en te delen. Voor sommige van onze

klanten betekent dit dat we reparatie of renovatie aanbevelen in plaats van volledige revisie, terwijl voor andere klanten on-demand productie van reserveonderdelen een verlaging van de opslagkosten oplevert en een direct effect heeft op hun winstgevendheid, omdat dit de behoefte aan werkkapitaal verlaagt en zorgt voor extra cashflow. Het verminderen van verouderingsproblemen, hetzij direct in verouderde productieapparatuur, hetzij indirect in voorraden, door just-in-time-productie is nog een andere manier waarop de diensten van Guaranteeed waarde kunnen creëren.

Tenslotte bieden de efficiëntere omgang met hulpbronnen en de vermindering van CO2-uitstoot die het gevolg zijn van de samenwerking met Guaranteeed een weg naar een duurzamere toekomst door de hoeveelheid primaire en secundaire emissies te verminderen. ■



Guaranteed is een Belgische marktleider op het gebied van grootschalige additieve productie. Het bedrijf levert geavanceerde productie-, reparatie- en renovatieoplossingen voor de zware industrie. Guaranteeed verzorgt XXL additieve metaalproductie met behulp van zijn unieke 10 x 6 x 5 m wire-arc additieve manufacturing-installatie en garandeert efficiëntie, precisie en duurzaamheid.

<https://www.guaranteed.be/en/>

+32 473 30 19 28

info@guaranteed.be

RECYCLING EN REPARATIE VAN THERMOPLASTISCHE COMPOSieten BIJ TPRC

Recycling en reparatie van thermoplastische composieten (TPC's) spelen een sleutelrol in de overgang naar een echte circulaire economie. Dankzij hun smeltbare aard kunnen TPC's na herverwerking tot wel 90–95% van hun oorspronkelijke mechanische prestaties behouden. Bovendien vraagt hun hergebruik 40–60% minder energie dan de productie van nieuwe composieten. Dat betekent minder CO₂-uitstoot, minder afval en een duurzamer gebruik van grondstoffen – vooral in de luchtvaart- en mobiliteitssector.

Het ThermoPlastic composites Research Center (TPRC) wil dat bij de reparatie en recycling van TPC's van luchtvaartkwaliteit hun originele mechanische prestaties zo goed mogelijk hersteld worden, met een minimaal energieverbruik. Dit bereikt het centrum door baanbrekend onderzoek te combineren met de ontwikkeling van praktische, industrie-gerichte technologieën. Hieronder volgt een

overzicht van de activiteiten van TPRC op het gebied van reparatie en recycling, met de nadruk op de voortdurende inzet voor duurzame en circulaire composietproductie.

Recycling van thermoplastische composieten bij TPRC

Vooruitkijkend, wordt er in de jaren 2030 een significante toename van TPC-afval uit de lucht- en ruimtevaartsector verwacht. Om deze groeiende afvalstroom te verwerken, is het noodzakelijk om betaalbare en efficiënte recyclingmethoden te ontwikkelen.

Voor TPC's zorgen de verschillende recyclingmethoden voor uiteenlopende microstructuren in het gerecyclede materiaal. Interne kenmerken zoals vezellengte, vezelvolumefractie en het gedrag van de bestanddelen – de polymeren en vezels – zijn daarbij cruciaal, omdat ze de materiaaleigenschappen en prestaties

sterk beïnvloeden. Over het algemeen kan de recycling van thermoplastische composieten worden ingedeeld in drie hoofdcategorieën:



**THERMISCHE
RECYCLING**

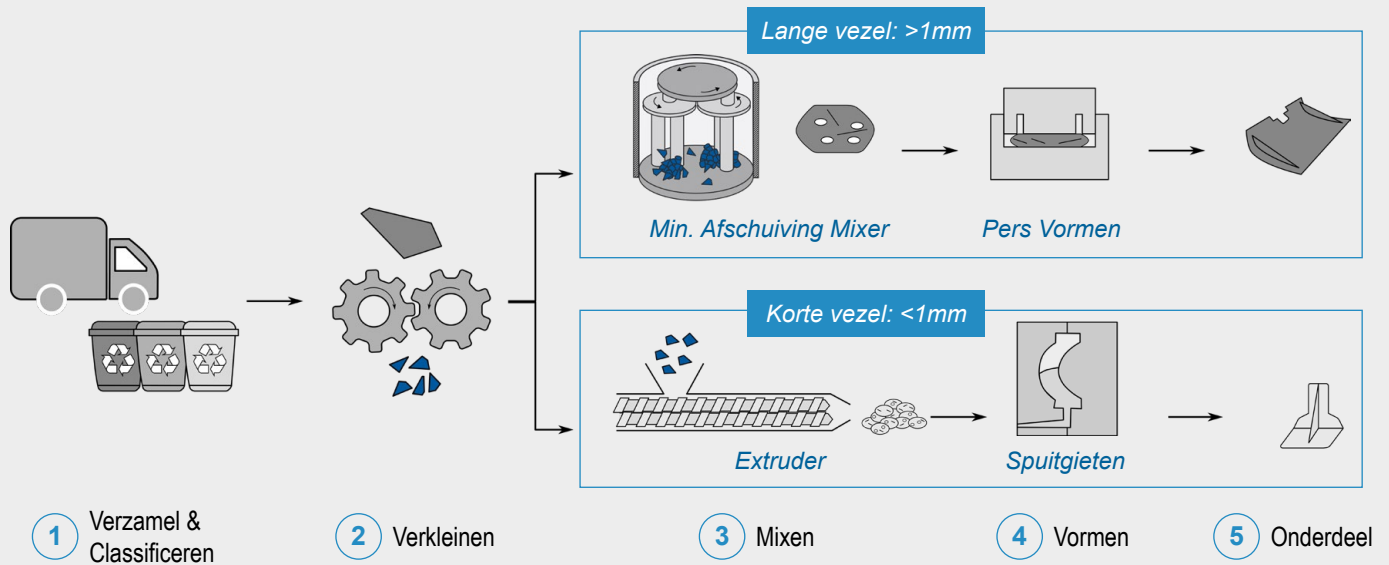


**CHEMISCHE
RECYCLING**



**MECHANISCHE
RECYCLING**

Bij mechanische recycling worden TPC's vernalen of versnipperd tot vlokken of poeder, die vervolgens opnieuw gesmolten en gevormd kunnen worden. Dit eenvoudige en kostenefficiënte proces maakt het mogelijk om zowel de vezels als de matrix van afgedankte onderdelen te hergebruiken. Wel kan het leiden tot vezelbreuk en degradatie van de matrix, waardoor de prestaties iets afnemen.



▲ Figuur 1: Recyclingroutes en apparatuur voor korte en lange vezels bij TPRC.

Bij TPRC richten we ons op het recycelen van TPC's van luchtvaartkwaliteit met polymeren zoals PPS, PEEK en PEKK, waarbij we twee routes verkennen: korte-vezel recycling via extrusie en spuitgieten, en lange-vezel recycling via mengprocessen met minimale afschuiving en pers vormen. Zie figuur 1 voor meer details.

De in figuur 2 getoonde mixer met lage afschuiving, voor het eerst ontwikkeld als prototype bij TPRC, maakt een efficiënte menging van gerecyclede composietvlokken mogelijk, terwijl vezelbreuk tot een minimum wordt beperkt. Door lagere afschuif-krachten toe te passen, helpt deze mixer de vezellengte en de integriteit van de matrix te behouden, wat resulteert in gerecyclede materialen met hoge mechanische prestaties.

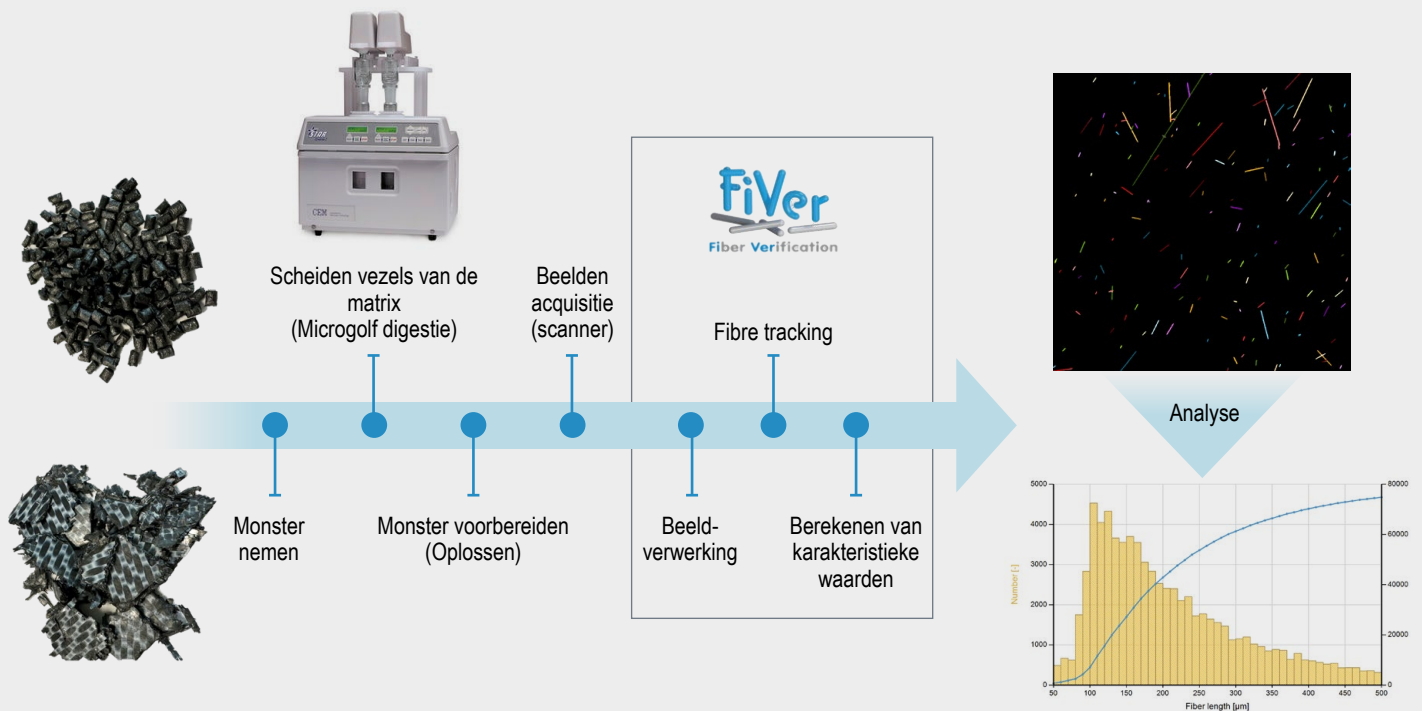
Karakterisering van gerecyclede materialen

Bij TPRC, voeren we uitgebreide karakterisering uit om ervoor te zorgen dat gerecyclede componenten voldoen aan de mechanische en thermische prestatienormen die vereist zijn voor industriële toepassingen. Dit omvat analyse van de vezellengte en het vezelvolume fractie met behulp van digitale microscopie of zuur-/microgolf digestie, aangevuld met mechanische tests zoals trek- en buigproeven om de kwaliteit en integriteit van de gerecyclede materialen te beoordelen.



▲ Figuur 2: Mixer met lage afschuiving bij TPRC.

Bovendien vraagt hun hergebruik 40–60% minder energie dan de productie van nieuwe composieten.



▲ *Figuur 3: Stappen voor vezellengte analyse met behulp van de FiVer methodologie.*

VEZELLENGTE ANALYSE

FiVer [1] is een speciaal systeem voor nauwkeurige vezellengtemeting met behulp van een flatbedscanner met hoge resolutie. De vezels worden in water opgelost, gescand en geanalyseerd met behulp van eigen beeldanalyse algoritmen. Dit proces wordt weergegeven in figuur 3. De meting van de vezellengteverdeling met FiVer omvat over het algemeen de volgende stappen: bemonstering, vezelseparatie, vezelvoorbereiding, beeld acquisitie, beeldanalyse.

SIMULATIE

Om hoogwaardige gerecycled materiaal te verkrijgen die voldoen aan strenge thermomechanische eisen, is een goed begrip en beheer van het gehele recyclingproces vereist, simulaties spelen hier in een belangrijke rol.

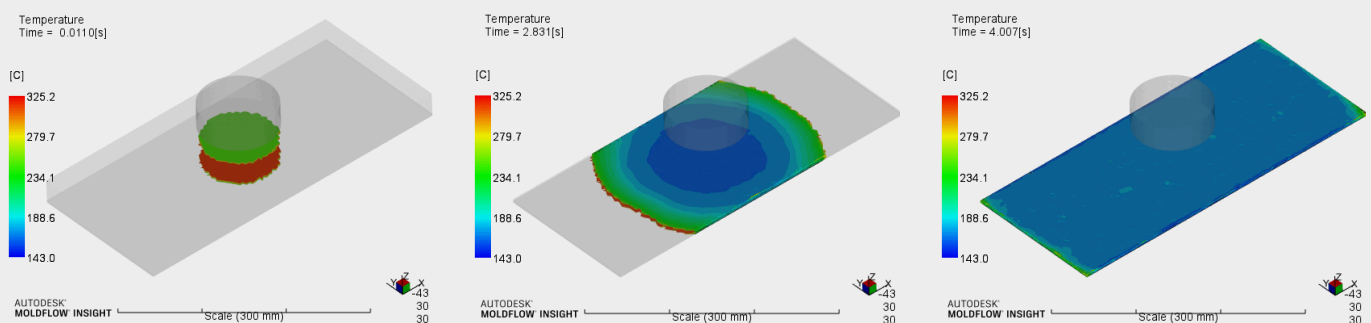
Bij TPRC voeren we verschillende soorten verwerkingssimulaties uit voor thermoplastische composieten, waaronder spuitgieten en persvormen. Deze simulaties worden uitgevoerd met Autodesk Moldflow 2025. Figuur 4 toont het temperatuurverloop tijdens het compressiegieten van een schijfvormige lading tot een rechthoekige plaat in verschillende tijdstappen.

Reparatie van thermoplastische composieten

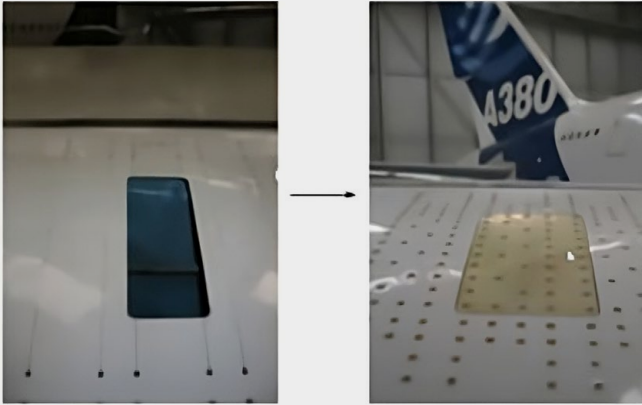
De luchtvaartindustrie onderzoekt steeds vaker het gebruik van continu vezel versterkte TPC's in exterieur onderdelen, zoals rompdelen en vleugels. Daardoor groeit de behoefte aan betrouwbare reparatiestrategieën die zijn afgestemd op deze geavanceerde materialen.

In tegenstelling tot thermoharder composieten – waarvoor beproefde reparatiemethoden bestaan met gelijmde patches of vast geboude metalen platen – is het repareren van TPC's met gelijmde patches een uitdaging. Door de lage oppervlakte-energie van het materiaal hechten de oppervlakken slecht aan elkaar, wat kan leiden tot breuken langs de lijmnad. Daarom wordt de structurele reparatie van TPC's momenteel meestal uitgevoerd met metalen boutverbindingen (zie figuur 5). Deze methode is betrouwbaar, maar veroorzaakt spanningsconcentraties rond de bevestigingspunten, een ongelijke gewichtsverdeling en een vermindering van de aerodynamische prestaties.

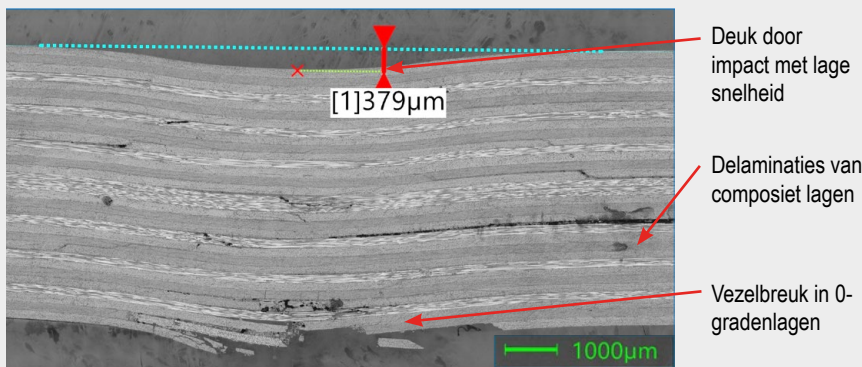
Daarom werkt TPRC aan alternatieve reparatiemethoden die gebruikmaken van de mogelijkheid om TPC's te



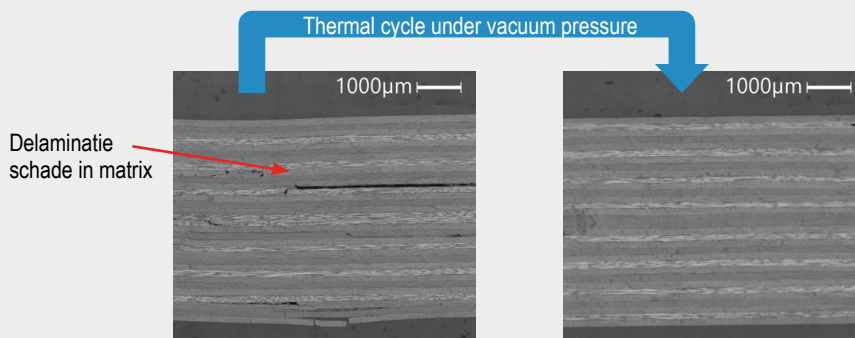
▲ *Figuur 4: Temperatuurverloop over tijd tijdens de persvorm simulatie van een C/PPS-composiet. De initiële materiaaltemperatuur is 325 °C en de matrijstemperatuur is ingesteld op 143 °C. De simulatie is uitgevoerd met Autodesk Moldflow 2025.*



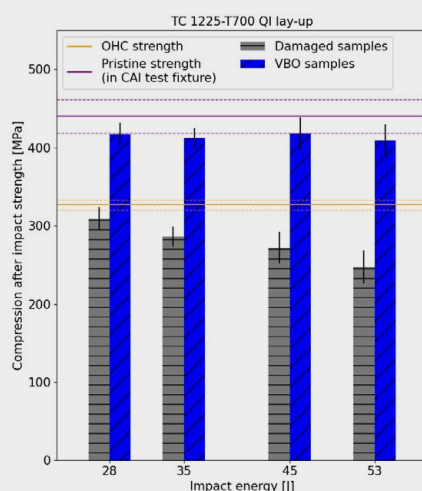
▲ **Figuur 5:** Reparatie aan de buitenste laag van de voorste vleugelrand van de Airbus A380 met een metalen geboute gemonteerde patch (GKN Fokker, SAMPE-webinar voor reparatie).



▲ **Figuur 6:** Veelvoorkomende schade door impact, zichtbaar in de dwarsdoorsnede van een TPC-laminaat.



▲ **Figuur 7:** Microscopie van dwarsdoorsnede van laminaat in beschadigde toestand (links) en gerepareerd na her-consolidatiecyclus (rechts).



▲ **Figuur 8:** Mechanische prestaties voor beschadigde en gerepareerde proefstukken.

smelten en opnieuw te vormen. In plaats van bouten of thermoharder lijmen wordt daarbij gewerkt met lastechnieken. Schades zoals delaminaties, dwarse scheuren en andere matrixbeschadigingen (zie afbeelding 6) kunnen mogelijk worden hersteld door het beschadigde gebied onder druk te verhitten tijdens een her-consolidatie stap, of door TPC-patches te lassen. Deze smelt gebaseerde reparatietechnieken bevinden zich nog in een vroeg ontwikkelingsstadium en vragen verder onderzoek naar zowel de herstelde mechanische prestaties als de praktische toepasbaarheid.

Het repareren van impact schade is uitgevoerd met een proces genaamd Vacuum-Bag-Only (VBO) in een convectionoven. Dit betekent dat er geen autoclaaf nodig is, wat de kosten en het energie verbruik sterk reduceert. Met behulp van microscopie, zie figuur 7, wordt de hypothese dat matrix schade gerepareerd kan worden via deze methode bevestigd. In essentie zie je aan de linkerkzijde duidelijke matrix schade, welke na een her-consolidatiecyclus met behulp van VBO succesvol gerepareerd zijn.

De efficiëntie van de reparatiemethode blijkt ook uit de verbeterde mechanische prestaties van de gerepareerde proefstukken ten opzichte van de beschadigde exemplaren. In figuur 8 is te zien dat de sterkte van de gerepareerde (VBO-)monsters niet afhankelijk is van de ernst van de schade en zelfs hoger ligt dan de referentiestrkte die werd bepaald met de Open Hole Compression (OHC)-test. ■

Auteurs:



Vahid Rezazadeh
Senior Research Associate,
Thermoplastic Composite
Research Center (TPRC)



Arthur Haverkort
Research Engineer,
Thermoplastic Composite
Research Center (TPRC)

Bronnen

1.SKZ. Fiver [software]. Available at: <https://www.skz.de/en/fiver> (Accessed: 10 October 2025).

ROBOTIC BIN PICKING

Slimmere handen voor de moderne industrie

In moderne productie- en logistieke omgevingen wordt steeds meer gestreefd naar automatisering en flexibiliteit. Een van de grootste uitdagingen daarbij is het automatisch oppakken van willekeurig georiënteerde onderdelen uit bakken of containers — een proces dat bekendstaat als bin picking. Waar conventionele robots vooral repeterende taken uitvoeren in gestructureerde omgevingen, vraagt bin picking om het kunnen omgaan met ongestructureerde situaties. Onderdelen liggen vaak door elkaar, verschillen in vorm en positie en zijn soms slechts gedeeltelijk zichtbaar.

Dankzij de snelle ontwikkelingen in 3D-visietechnologie, beeldverwerking en kunstmatige intelligentie is de haalbaarheid van bin picking de afgelopen jaren sterk toegenomen. Robots kunnen nu objecten herkennen, hun positie en oriëntatie bepalen en deze met geschikte grippers nauwkeurig oppakken. Hierdoor kunnen processen worden geautomatiseerd die tot voor kort uitsluitend door mensen werden uitgevoerd, zoals het aanvoeren van onderdelen aan productielijnen of het sorteren van goederen in magazijnen.

De noodzaak voor bin picking groeit door de toenemende druk op efficiëntie, kwaliteit en kostenreductie in de industrie. Ook het tekort aan technisch geschoolde medewerkers speelt hierbij een rol.

Door repetitieve en fysiek belastende taken te automatiseren, kunnen medewerkers zich richten op complexere en waardevollere werkzaamheden. Bin picking vormt daarmee een belangrijke stap richting flexibele, volledig geautomatiseerde productiesystemen die kunnen inspelen op de dynamiek van de moderne markt, zoals low-volume-/high-mix-productie.

Huidige stand van zaken

Veel standaard bin-pickingoplossingen moeten vooraf worden ingesteld op het specifieke product dat herkend en gepakt moet worden. Het systeem moet namelijk objecten van elkaar kunnen onderscheiden, bepalen welk object het meest geschikt is om te grijpen, en de optimale grijppositie berekenen. De vorm en het uiterlijk van het object en het type gripper spelen daarbij een cruciale rol. In situaties waarin verschillende objecten door elkaar liggen of waarin objecten lastig te pakken zijn, bieden bestaande oplossingen vaak nog onvoldoende resultaat.

Onderzoek binnen Tech For Future

Om deze uitdagingen aan te pakken, hebben Riwo, Viro en Voortman Steel Machinery vanuit het innovatiecluster TValley, samen met het lectoraat Smart Mechatronics and Robotics van Saxion een toegepast onderzoeksproject

uitgevoerd binnen het programma van Tech For Future.

TValley is het innovatiecluster in Oost-Nederland op het gebied van robotica, kunstmatige intelligentie en mechatronica. Binnen dit netwerk werken bedrijven, onderzoekers en studenten samen aan marktgerichte innovatieprojecten, waarbij effectieve R&D en gezamenlijke kennisdeling centraal staan.

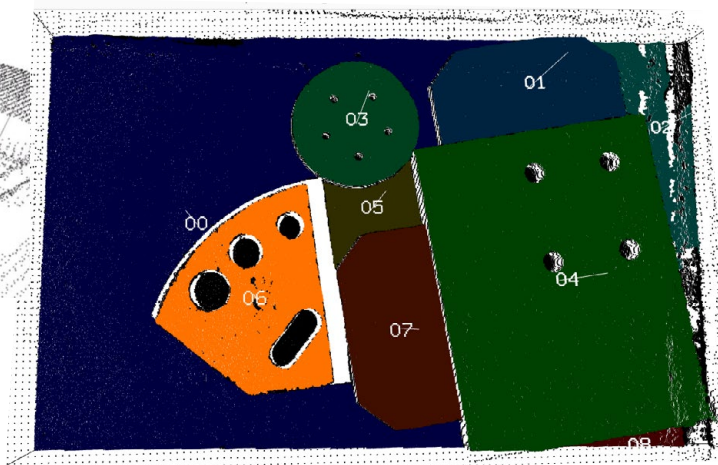
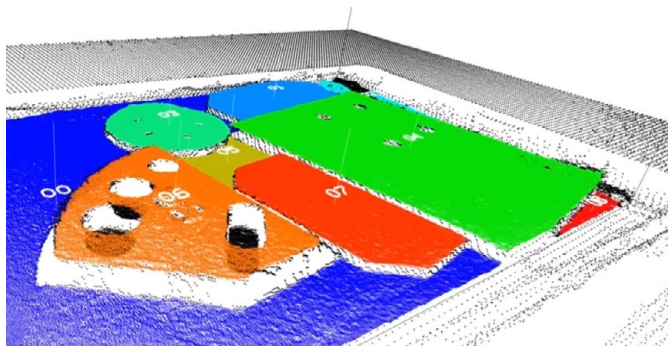
Tech For Future is het *Center of Expertise* van Saxion en Windesheim op het gebied van hightech systemen en materialen. Binnen dit programma voeren onderzoeksgroepen praktijkgericht onderzoek uit in publiek-private samenwerkingen, waarbij co-creatie en gezamenlijke kennisontwikkeling centraal staan.

In het **Tech For Future Robbin** project is gekeken naar meerdere use cases waarvoor momenteel geen geschikte marktoplossingen bestaan. Twee daarvan zijn verder uitgewerkt in een demonstrator:

PLASMAGESNEDEN STALEN

PLATEN: Elke plaat heeft een unieke vorm met gaten of uitsneden. Naast het bin picken moet het systeem kunnen herkennen om welk type plaat het gaat (matching op basis van CAD-data), zodat deze correct verder kan worden verwerkt.





Belangrijke uitdagingen zijn het bepalen welke platen vrij liggen (dus niet onder andere platen vastzitten) en het vinden van een stevige grijppositie, idealiter dicht bij het massamiddelpunt en niet in of dichtbij een gat/uitsnede.

ONREGELMATIG GEVORMDE

OBJECTEN: Vanuit de partners kwam ook de behoefte om de pose (positie en oriëntatie) van onregelmatig gevormde objecten nauwkeurig te bepalen, en de juiste grijperpose te berekenen om objecten betrouwbaar te kunnen oppakken.

Binnen het project stonden de volgende onderzoeksvragen centraal:

Wat is de huidige *state-of-the-art* op het gebied van conventionele computer vision-algoritmen, en welke mogelijkheden bieden recente AI-oplossingen, zoals deep learning?

Welke gripper- en sensortechnologieën zijn het meest geschikt voor de toepassingen van de industriële projectpartners?

Ontwikkeling van de demonstrator

Om de oplossingen te testen is een modulaire demonstrator ontwikkeld. Deze maakt het mogelijk om te wisselen tussen verschillende use cases, robotmerken en -typen, sensoren (zoals Zivid 2+, Wenglor MLBS, Zed 2 en Framos) en grijpertechnologieën (vacuüm-, magneet- en tweevingergrijpers). Voor de demonstrator is onder andere gebruikgemaakt van een Zivid 2+ structured light sensor die beschikbaar is gesteld door Fraunhofer Innovation Platform for Advanced Manufacturing. Dankzij de modulaire softwarearchitectuur van de

demonstrator kunnen resultaten eenvoudig worden hergebruikt in toekomstige projecten rondom bin picking en producthandling.

Voor de conventionele benadering is een datapijplijn opgezet rondom de open-sourcebibliotheek Open3D. De resultaten zijn veelbelovend en brengen industriële toepassing binnen handbereik. Bij de casus van de stalen platen kon de oplossing verschillende platen van elkaar onderscheiden, ongeacht de vorm, en bepalen welke platen bovenop lagen en dus grijpbaar waren. Ook kon worden berekend waar de magneetgrijper de plaat het beste kon oppakken, zelfs bij platen met gaten in het midden.

De werking was nauwkeurig en robuust. Het ontwikkelen van deze oplossing vroeg echter om aanzienlijke toepassings specifieke engineering. Dat was één van de redenen om ook te onderzoeken wat moderne AI-technieken kunnen toevoegen.

Toepassing van AI-gebaseerde oplossingen

Om te bepalen welke recente AI-algoritmen bruikbaar zijn voor bin picking, is een haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar deep-learningframeworks die zich richten op objectsegmentatie en poseschatting. Daarbij is gekeken naar onder andere SAM-6D (gebaseerd op Segment Anything van Meta) en FoundationPose (ontwikkeld door Nvidia Labs). Kenmerkend voor deze methoden is dat ze met weinig of geen specifieke trainingsdata toch in staat zijn objecten van elkaar te onderscheiden en hun pose te bepalen.

Op basis van de uitkomsten van de haalbaarheidsstudie is FoundationPose geselecteerd voor verdere integratie in de demonstrator. Dit algoritme kan worden getraind met een beperkt aantal afbeeldingen van de te grijpen objecten of met CAD-data. In verschillende tests bleek het mogelijk om diverse objecten succesvol te grijpen en te verplaatsen met verschillende grijpertypen.

De AI-gebaseerde aanpak vraagt echter nog verdere optimalisatie om voldoende robuust te zijn voor industriële toepassingen.

Conclusie en vervolg

Het project heeft de partners waardevol inzicht gegeven in de mogelijkheden en beperkingen van zowel conventionele als AI-gebaseerde bin-pickingoplossingen. De opgedane kennis vormt een stevige basis voor verdere ontwikkeling van slimme, flexibele grijpoplossingen binnen de maakindustrie.

Het thema bin picking en product handling blijft dan ook een belangrijk onderwerp binnen het onderzoek van het lectoraat Smart Mechatronics and Robotics. In een vervolgproject willen we verder bouwen aan robuuste en breed inzetbare oplossingen die bijdragen aan de verdere automatisering van de industrie. ■

Auteurs:



Joris Spikker
Senior Researcher,
Saxion lectoraat Smart
Mechatronics and Robotics



Dennis Borger
Senior Researcher,
Saxion lectoraat Smart
Mechatronics and Robotics



UNIVERSITY
OF TWENTE.

FRAUNHOFER
INNOVATION PLATFORM
FOR ADVANCED MANUFACTURING



Het team wil graag alle
InnovatieNU-lezers en -bijdragers hier
hartelijk voor bedanken. We wensen u
prettige feestdagen en de beste
wensen voor het nieuwe jaar.