

# FURN5.●

## Handboek om de invoering van Industry 5.0 praktijken in de EU-meubelindustrie gemakkelijker te maken

Een gids ter bevordering van mensgerichte, duurzame en veerkrachtige slimme productie

© AMBIT 2026  
Av. Generalitat, 66 - 43560  
La Sénia (Tarragona) SPANJE  
Tel. +34 977 57 01 22  
ambitcluster.org

Deze publicatie is met financiële steun van de Europese Unie gemaakt.

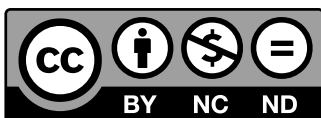
Dit project is gefinancierd door de oproep van de Europese Commissie: Steun voor de sociale dialoog (SOCPL-2023-SOC-DIALOG). Referentie Subsidieovereenkomst 101145616.

De steun door de Europese Commissie voor het maken van deze publicatie is geen onderschrijving van de inhoud ervan, welke slechts een afspiegeling is van de meningen van de auteurs, en de Commissie kan niet aansprakelijk worden gesteld voor enig gebruik van de informatie in deze publicatie.

Deze gids is opgesteld met de bijdrage van een multidisciplinair team van experts:

Alessandra Cecchini, Francesco Balducci, Valentina Vedovi - Manifaktura S.r.l. (App: 7) | Alessandro Fumagalli, Anna Pellizzari, Claudia Reder - Materieel (App: 4) | Alfredo Ferrer Marco, Gonzalo Ruiz Manzanares - Kampal Data Solutions (App: 15) | Amaia Castelruiz Aguirre (App: 8-9), Imanol Ordoñez Zaragoza (App: 5, 6), Ivan Arakistain Markina (App: 10, 11) - TECNALIA | Héctor Zapata Cebrián - Tetravol S.L. (App: 2) | Inmaculada Soler Ramos - Sciling (App: 12, 13, 14) | Manuel Vinagre Ruiz, Raúl Zaragoza Sacristán van LEITAT (App: 1) | Ramon Morera i Cuatrecasas - PRODUKTIA (App: 3) | Ricardo García Bahamonde (Inleiding).

Onder de leiding en technische supervisie van het AMBIT-team: Julio Rodrigo Fuentes, Massimiliano Rumignani, Francesc Reolid Sanz, Jaisiel Madrid Sánchez, Lluís Ferrés Solé, Joaquim Solana Monleón, en met input van projectpartners FEDERLEGNOARREDO en EFIC. Ontwerp: srbeardman.com



NonCommercial-NoDerivates 4.0 International  
(CC BY-NCND 4.0). [creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en)

U moet de juiste bronvermelding geven, een link naar de licentie geven en aangeven of er wijzigingen zijn aangebracht. U mag dit op elke redelijke manier doen, maar niet zodanig dat gesuggereerd wordt dat de licentieverlener u of uw gebruik onderschrijft.

Modificaties en commercieel gebruik zijn niet toegestaan. U mag het materiaal niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

Als u het materiaal herschikt, transformeert of erop voortbouwt, mag u het gewijzigde materiaal niet verspreiden.

<b>Erkenning</b>	<b>5</b>
<b>Een toegepaste inleiding</b>	<b>7</b>
<b>Toepassingen van Industry5.0-technologieën</b>	
1 Interactie tussen mens en robot (HRI) in de meubelindustrie	16
2 Extended reality in productontwerp- en prototypeprocessen	22
3 Het benutten van extended reality voor training en bijscholing van vaardigheden in de meubelindustrie	28
4 Slimme functionaliteiten toegepast op de meubelsector	34
5 Productontwikkelingsprocessen slimmer maken door middel van van digitaal tweelingtechnologieën	40
6 De veiligheid en productiviteit van productieprocessen verhogen terwijl hun milieu-impact wordt geminimaliseerd door binnen digitale tweelingen simulatietechnieken toe te passen	50
7 Producttraceerbaarheid in de meubelsector via het Digitale Productpaspoort (DPP)	58
8 Datawetenschap toegepast op meubelproductie	66
9 Interoperabiliteit tussen mens en machine	74
10 AIoT voor slimme productie	82
11 De reis van IoT en connectiviteit	90
12 Generatieve AI voor ontwerp op maat en snelle ontwikkeling van prototypes	96
13 Door AI aangestuurde kennisbeheersystemen	104
14 Marketing- en verkoopprocessen optimaliseren met generatieve AI: automatisering en personalisatie van content	112
15 Slimme besluitvorming in de meubelsector via gegevenscorrelatie en AI-gestuurde analyses	120
<b>Stand van de techniek t.a.v. Industry 5.0 en aanbevelingen van belanghebbenden</b>	
- Rapport over Industry 5.0 in de productie binnen de EU	127
- Rapport over het volwassenheidsniveau van Industry 5.0 in de EU-meubelindustrie	128
- Vaardigheidsbehoeften en aanbevelingen voor belanghebbenden in de meubelsector	129
<b>Bijlagen</b>	
A1 Zelfbeoordelingstool voor Industry 5.0	134
A2 Bedrijfsgetuigenissen	136
A3 Rapport over de resultaten van het pilotprogramma van de online zelfbeoordelingstool	142



We willen onze collega's van FURN5.0 bedanken: de partners Chiara Terraneo, Giorgia Von Berger, Greta Maravai - Federlegno Arredo, Gabriella Kemendi en Nicole Gaglioti - EFIC. Zij hebben relevante inzichten en expertise aangedragen die de ontwikkeling van deze gids en de verschillende projectactiviteiten hebben geïnspireerd en ondersteund.

Wij zijn dankbaar voor de steun die de werknemers van de Europese Commissie gedurende het hele projectproces hebben geboden.

Wij willen graag de belangrijkste bijdragen erkennen van de externe experts van Industry 5.0 die hebben meegewerkt aan de voorbereiding van deze gids:

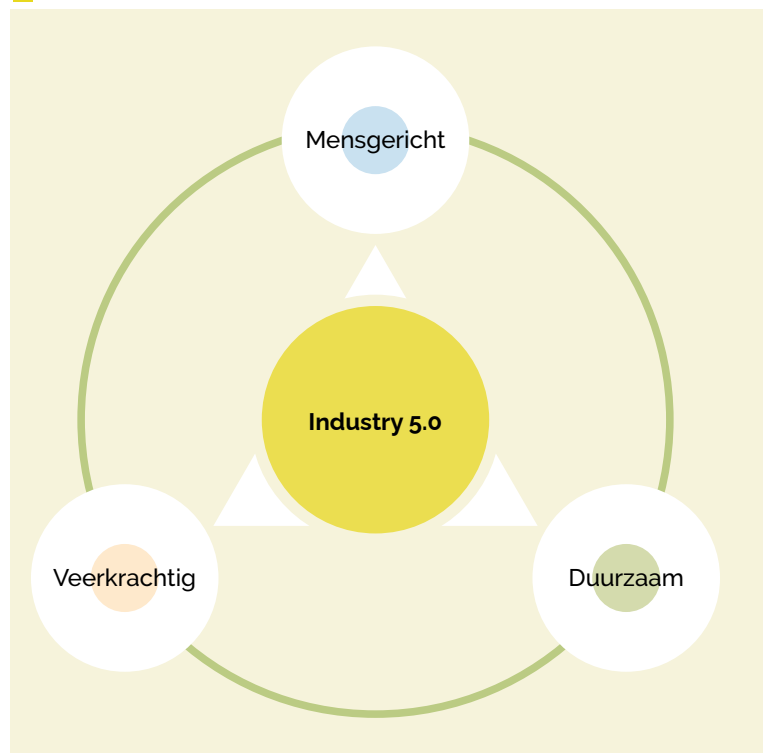
Alessandra Cecchini, Alessandro Fumagalli, Alfredo Ferrer Marco, Amaia Castelruiz Aguirre, Anna Pellizzari, Claudia Reder, Francesco Balducci, Gonzalo Ruiz Manzanares, Héctor Zapata Cebrián, Imanol Ordoñez Zaragoza, Inmaculada Soler Ramos, Ivan Arakistain Markina, Manuel Vinagre Ruiz, Ramon Morera i Cuatrecasas, Raúl Zaragoza Sacristán, Ricardo García Bahamonde en Valentina Vedovi.

We willen ook alle experts bedanken die hebben bijgedragen aan de herziening van de FURN5.0-kaarten en deelgenomen aan de workshop voor deskundigen, die met hun multidisciplinaire en aanvullende feedback en bijdragen voor een beter begrip en een meer praktische aanpak van Industry 5.0 in de meubelsector hebben gezorgd. Naast de eerder genoemde experts willen we ook de volgende mensen bedanken:

Alba Tomàs, Albert Graçon Padilla, Alessio Gnaccarini, Àlex Jiménez, Anaïs Le Corvec, Andrea Berra, Antonio Torrente Ortiz, Dermot O'Donnovan, Emilio Arasa, Giada Fioretti, Gil Arasa, Heiner Strack, Irene Pellicchia, Javier Portolés, Jeroen Doom, Joan Ortega, Jordi Sort, Juan Carlos Alonso, Juan Sala Martínez, Leonardo Cavo, Marco Denni, Matteo Bottenghi, Mattia Calogero, Nathalie Bekx, Rebecca Squeri, Ricardo García Bahamonde, Ruben Sagone, Santiago Pérez de la Hoz, Stefano Santoni, Vittorio Riponi en Xavier Pi i Palomés.

De uitvoering van het FURN5.0-project is alleen mogelijk geweest dankzij de financiering van de EC-oproep tot steun voor de sociale dialoog (SOCPL-2023-SOC-DIALOG).

1



### Industry 5.0 en de intelligente toekomst van meubels

Industry 5.0 staat voor de volgende evolutie van moderne productie, die verder gaat dan de traditionele doelen van efficiëntie en productiviteit en een meer **mensgerichte, duurzame en veerkrachtige** aanpak nastreeft. In eenvoudige termen gaat Industry 5.0 over het gebruik van *geavanceerde technologieën op een manier die werknemers tot meer in staat stelt, de samenleving ten goede komt en het milieu respecteert*. Dit inleidende hoofdstuk legt uit wat Industry 5.0 betekent voor de meubelsector, wat de belangrijkste ondersteunende technologieën erachter zijn, en voorziet in een verzameling relevante toepassingen die later in het rapport worden gepresenteerd. Dit FURN5.0-handboek biedt leidinggevend en technici in de meubelindustrie praktische, gevalideerde tools voor de strategische overgang naar Sector 5.0, waarmee de cruciale uitdaging wordt aangepakt om talent aan te trekken en te behouden, terwijl het welzijn van werknemers wordt verbeterd. Aan de hand van praktische voorbeelden krijgen branchebestuurders en technici een duidelijk beeld van de slimme toekomst van de meubelindustrie en leren ze welke concrete acties ze kunnen ondernemen om digitalisering en concurrentiekracht in de sector te stimuleren.

### Wat is Industry 5.0 in de meubelsector?

Industry 5.0 is een nieuw industrieel paradigma, geformuleerd door de Europese Commissie, waarbij *"efficiëntie en productiviteit niet de enige doelen zijn"* van de productie. In plaats daarvan **plaatst het het welzijn van werknemers centraal in de productie en streeft het bredere doelen voor milieu en maatschappij** na, als aanvulling op het bestaande Industry 4.0-kader. In wezen is Industry 5.0 gebouwd op drie pijlers: **mensgerichtheid, duurzaamheid en veerkracht** (zie Figuur 1). FURN5.0 bevordert het welzijn van werknemers, betere veiligheid en noodzakelijke vaardigheidsontwikkeling. Deze mensgerichte aanpak versterkt de kritische sociale dialoog voor een maatschappelijk eerlijke overgang binnen de EU-industrie. Dit betekent dat fabrieken van de toekomst niet alleen slim en geautomatiseerd zijn, maar ook ontworpen rond de behoeften van mensen, ecologisch verantwoord en bestand zijn tegen verstoringen.

#### 1 De drie kernpijlers van Industry 5.0

Allereerst is Industry 5.0 in de meubelsector **op mensen gericht**. In plaats van technologie als een vervanging voor mensen te behandelen, versterkt het menselijke vaardigheid en creativiteit. Collaboratieve robots nemen repetitieve of gevaarlijke taken voor hun rekening; intuïtieve interfaces zoals AR/VR maken training, opzetten

en probleemoplossing duidelijker en sneller; en kennistoelen helpen werknemers om expertise te verkrijgen en te delen. Het resultaat is een veiligere, schonere werkplek en functies die aantrekkelijker zijn voor nieuw talent, wat bijscholing en inclusie binnen de arbeidsmarkt ondersteunt.

Voortbouwend op de digitalisering van Industry 4.0, herdefinieert Industry 5.0 toepassing rond het welzijn van werknemers, werkkwaliteit en zinvolle samenwerking tussen mens en machine, terwijl het ook massaal maatwerk mogelijk maakt, geleid door vakmanschap en ontwerpintentie. Deze mensgerichte voordelen zijn vanzelfsprekend verbonden met bredere doelstellingen: veerkrachtige operaties via op gegevens gebaseerde beslissingen en interoperabele systemen, en duurzaamheid door minder afval, slimmere materiaalkeuzes en levenscyclustransparantie (bijvoorbeeld digitale productpaspoorten). Het Europese beleidslandschap (dat tot uitdrukking komt in initiatieven als FURN5.0 — stimuleert deze overgang, niet alleen door het bevorderen van stimulerende technologieën, maar ook door de sociale dialoog, vaardigheidsontwikkeling en een aantrekkelijke visie op moderne productie te ondersteunen. Kortom, Industry 5.0 brengt geavanceerde technologie in lijn met betere banen, betere en duurzamere producten en verantwoorde groei, waarbij mensen centraal staan en de concurrentiekracht en milieuprestaties worden versterkt.

Ten tweede is Industry 5.0 in de meubelsector ook afgestemd op **duurzaamheid** (bijvoorbeeld kringloopontwerp en efficiëntie van hulpbronnen). Europese initiatieven zoals de Green Deal, de nieuwe Clean Industrial Deal, het Competitiveness Compass en andere regelgeving stimuleren meubelmakers om afval te verminderen en de ecologische voetafdruk van producten te documenteren. In Industry 5.0 wordt technologie een middel voor deze doeleinden: bijvoorbeeld het gebruik van **gegevens en sensoren om energie- en materiaalgebruik te monitoren** of de toepassing van **kringloopgerichte materialen en processen** om de impact op het milieu tot een minimum te beperken. Kortom, Industry 5.0 biedt een *"visie op de industrie die (...) nieuwe technologieën gebruikt om welvaart te creëren die verder gaat dan banen en groei, terwijl de productielimieten van de planeet worden gerespecteerd"*. Voor meubelbedrijven kan dit betekenen dat producten worden ontworpen die lang meegaan en recyclebaar zijn, biogebaseerde materialen worden gebruikt en slimme systemen wor-

den ingezet om de productie op een milieuvriendelijke manier te optimaliseren.

Ten slotte is **veerkracht**, de derde pijler, zeer relevant voor meubelproductie in een postpandemische, geglobaliseerde wereld, die reikt tot op het terrein waar bedrijven actief zijn. Het opbouwen van veerkracht betekent meer flexibiliteit in productie, transparante en gediversifieerde toeleveringsketens, en flexibele, continu bijgeschoolde arbeidskrachten. Het betekent ook het lokaal verankeren van waarde: het versterken van regionale leveranciersnetwerken, het verkorten van logistieke routes en het bevorderen van industriële symbiose (bijvoorbeeld gedeelde diensten, kringloopgerichte materiaalstromen en energiegemeenschappen). Industry 5.0 moedigt aan om waardeketens en energiepraktijken opnieuw te bekijken. Niet alleen om schokken te weerstaan, maar ook om samen te ontwikkelen met het lokale ecosysteem, wat precies het effect op de concurrentie is, wat al lang wordt benadrukt door de clustertheorie (zoals geformuleerd door Michael Porter), waarbij diepe banden

tussen bedrijven, instellingen en talent de productiviteit en innovatie verhogen. In meubels vertaalt dit zich in mogelijkheden zoals snelle productlijnwisselingen, het cross-trainen van teams met digitale vaardigheden, en het gebruik van digitale platforms om te inkopen en te verkopen, waarbij regionale partners voorrang krijgen; het omvat ook het in kaart brengen van herkomst, het ontwikkelen van alternatieve opties in de buurt en het benutten van clusterorganisaties voor gezamenlijk testen, training en markttoegang. Het resultaat is een sector die robuuster is tegen verstoringen, en concurrerende, omdat een en ander ingebed, collaboratief en lokaal regeneratief is.

Over het geheel genomen brengt Industry 5.0 in de meubelsector technologische innovatie in lijn met een breed spectrum van menselijke vaardigheden en capaciteiten (creativiteit, vakmanschap, kritisch oordeel, probleemoplossing, samenwerking, aanpassingsvermogen en continu leren) samen met milieubewustzijn, zodat de sector economisch, maatschappelijk en ecologisch kan floreren.

## Faciliterende technologieën die Industry 5.0 aansturen

Industry 5.0 wordt aangedreven door een reeks geavanceerde **ondersteunende technologieën** die haar mensgerichte en duurzame visie mogelijk maken. Veel van deze technologieën zijn evoluties van Industry 4.0-tools, nu toegepast op slimmere, meer op samenwerking gerichte en empathische manieren, waardoor menselijke behoeften, welzijn en creativiteit centraal staan in industriële innovatie. Volgens de Europese Commissie omvatten de belangrijkste technologieën die Industry

5.0 ondersteunen **"aangepaste interactie tussen mens en machine, door de natuur geïnspireerde technologieën en intelligente materialen, digitale tweelingen en simulatie, technologieën voor gegevensoverdracht/-opslag/-analyse, kunstmatige intelligentie en technologieën voor energie-efficiëntie en autonomie"**.

In de praktijk zijn de volgende technologische gebieden bijzonder relevant in de context van meubelproductie:



### Collaboratieve interactie tussen mens en machine

Een kenmerk van Industry 5.0 is dat mensen en machines naadloos samenwerken. Dit omvat het gebruik van **collaboratieve robots (cobots)** die zij aan zij met werknemers op de fabrieksvloer actief zijn. In tegenstelling tot traditionele industriële robots die achter veiligheidshekken blijven, zijn cobots ontworpen met sensoren en krachtbeperkingen, zodat ze veilig hun werkplek met mensen kunnen delen. Ze nemen zware, repetitieve of ergonomisch moeilijke taken over, zoals het tillen van zware panelen, het schuren van grote oppervlakken of het uitvoeren van nauwkeurig boren, waardoor **de veiligheid en efficiëntie van werknemers verbeteren**. Cruciaal is dat deze robots *"collaboratief en cognitief"* zijn, wat betekent dat ze zich kunnen aanpassen aan menselijke intenties en feedback kunnen geven (bijvoorbeeld door AI te gebruiken om de handelingen of spraakcommando's van een werknemer te interpreteren). Naast robotica versterken geavanceerde **human machine interfaces** zoals augmented reality (AR) en

virtual reality (VR) werknemers in de meubelindustrie. AR/VR kan digitale informatie over de echte wereld leggen of virtuele omgevingen simuleren, wat *"nuttig is voor training, onderhoud en ontwerp"* in productie. Een nieuwe meubelmonteur kan bijvoorbeeld een AR-bril dragen die stapsgewijs montage-instructies laat zien, of een productontwerper kan VR gebruiken om door een virtueel prototype van een nieuw meubelstuk te lopen. Deze intuïtieve interfaces maken het voor werknemers gemakkelijker om met complexe machines en processen om te gaan, en belichamen het Industry 5.0-ideaal van *"individuele interactie tussen mens en machine."*



### Intelligente en duurzame materialen

Industry 5.0 omarmt ook **door de natuur geïnspireerde en slimme materialen** om producten te innoveren en de milieu-impact te verminderen. "Intelligente" of slimme materialen kunnen reageren op hun omgeving, bijvoorbeeld stoffen die door temperatuur van eigenschappen

veranderen, of houtcomposieten waarin sensoren zijn ingebouwd. In meubels kan dit **betekenen dat meubelstukken slimme functionaliteiten bevatten** (zoals een tafel die apparaten kan opladen of automatisch hoogte kan aanpassen, of stoelen die de houding in de gaten houden). Het omvat ook biogebaseerde en *kringloopgerichte materialen* (recyclebare, hernieuwbare grondstoffen) die aansluiten bij duurzaamheidsdoelstellingen. Door gebruik te maken van geavanceerde materialen kunnen meubelfabrikanten producten creëren die duurzamer zijn, beter kunnen worden aangepast of milieuvriendelijker zijn. Dit technologiegebied overlapt vaak met ontwerpinnovatie: ingenieurs experimenteren met **biomimicry** (leren van natuurontwerpen) om meubelmaterialen te creëren die licht maar sterk zijn, of met zelfherstellende coatings die de levensduur van het product verlengen. Hoewel deze "door de natuur geïnspireerde technologieën en intelligente materialen" misschien niet zo hightech lijken als robots of AI, zijn ze een cruciaal onderdeel van de inzet van Industry 5.0 voor duurzame innovatie. Een meubelbedrijf dat Industry 5.0 toepast, kan bijvoorbeeld **houtachtige, van gerecyclede vezels gemaakte composieten of slimme textiel** onderzoeken die inspelen op de behoeften van gebruikers, en zo ouderwetse vakmanschap combineren met moderne technologie.



### Digitale tweelingen en simulatie

Een digitale tweeling is een **virtuele replica van een fysiek product, proces of een hele fabriek**. Industry 5.0 maakt gebruik van digitale tweelingen en geavanceerde simulatie om de productie te optimaliseren en uitkomsten te voorspellen zonder werkelijke praktijktesten die vaak duur zijn. In de meubelsector kunnen digitale tweelingen baanbrekend zijn. Stel u een digitaal model voor van een meubelstuk dat in real time wordt bijgewerkt terwijl het product wordt geproduceerd, waardoor ingenieurs aanpassingen virtueel kunnen testen of onderhoudsbehoeften kunnen voorspellen. Op vergelijkbare wijze kunnen fabrieken digitale tweelingen van hun productielijnen hebben om workflowwijzigingen te simuleren of een nieuwe machine in software te integreren voordat dit op de werkvloer wordt uitgevoerd. Eén speciale toepassing die relevant is voor de duurzaamheidsdoelstelling van Industry 5.0 is **het simuleren van de impact op milieu en maatschappij**. Voordat wijzigingen in materialen of processen worden doorgevoerd, kunnen bedrijven software gebruiken om te modelleren hoe deze veranderingen hun ecologische voetafdruk, afvalproductie of zelfs de ergonomie van werknemers beïnvloeden. Het FURN5.0-project benadrukt technologieën voor "*simulatie en meting van ecologische en maatschappelijke impact*" en onderstreept het belang van het gebruik van digitale tools om duurzaamheid in ontwerp en productie te stimuleren. Het toepassen van digitaal-tweelingstechnologie stelt

meubelmakers in staat **proactiever te zijn en zich meer door gegevens te laten leiden**, problemen virtueel op te lossen (zoals het aanpassen van een ontwerp om minder materiaal te gebruiken) en optimale resultaten te garanderen zowel voor efficiëntie als duurzaamheid.



### Gegevensconnectiviteit en traceerbaarheid

Volgens Industry 5.0 **zijn gegevens het bindweefsel** dat alle delen van de waardeketen samenhoudt. Voortbouwend op IoT (Internet of Things) uit Industry 4.0, zullen meubelfabrieken netwerken van sensoren en slimme apparaten inzetten ( op machines, in magazijnen, zelfs op geleverde producten) om realtime gegevens te verzamelen. Het doel is om een continue feedbacklus te creëren voor verbetering en transparantie. Het gebruik van **IoT en big data om informatie in real time te verzamelen en te analyseren kan het beheer van hulpbronnen en besluitvorming** aanzienlijk verbeteren. Zo kunnen sensoren op een productielijn het energieverbruik bijhouden. Aan de hand van analyses kunnen vervolgens manieren worden voorgesteld om stroom te besparen of onderhoud op optimale tijden te plannen. Een ander cruciaal aspect is **interoperabiliteit**, wat betekent dat verschillende machines en softwaresystemen gegevens naadloos met elkaar delen in de fabriek en de toeleveringsketen. Industry 5.0 bevordert de "*interoperabiliteit van gegevens en systemen*" zodat alle belanghebbenden (van materiaalleveranciers tot winkels) in een digitaal ecosysteem verbonden kunnen zijn. Een concreet initiatief in Europa dat op gegevens gebaseerde transparantie belichaamt, is het **Digitale Productpaspoort (DPP)**. In wezen is een DPP een digitaal document dat een product begeleidt, met gedetailleerde informatie over de materialen, herkomst, productie en instructies voor levensduureinde. In de nabije toekomst zullen meubelbedrijven verplicht zijn dergelijke gegevens voor elk product te verstrekken om te voldoen aan duurzaamheidsregels. Het scannen van een eenvoudige QR-code op een meubelstuk kan het volledige "levensverhaal" onthullen, waardoor praktijken uit de kringlooeconomie mogelijk worden zoals gemakkelijker recyclen en verantwoord inkopen. In onze context **is producttraceerbaarheid via een DPP een belangrijke toepassing** die ervoor zorgt dat elke stap in de levensduur van een meubelproduct transparant is. Dit is niet alleen positief voor het milieu, maar biedt consumenten die willen weten hoe hun meubels zijn gemaakt een toegevoegde waarde. Over het algemeen zijn robuuste gegevensinfrastructuren, van IoT-sensoren op de fabrieksvloer tot cloudplatforms die big data aggregeren, fundamentele technologieën die de *slimme, verbonden en transparante* aard van Industry 5.0 mogelijk maken.



## Kunstmatige intelligentie (AI) en automatisering

AI is de motor die alle gegevens en complexiteit in Industry 5.0-systemen begrijpelijk maakt. In een kader waarbinnen de mens centraal staat, fungeert kunstmatige intelligentie als een ondersteunende tool voor menselijke besluitvorming en creativiteit. Hierbij gaat het om twee brede categorieën AI-toepassingen: *analytische AI* en *generatieve AI*. Analytische AI verwijst naar het gebruik van algoritmen voor machinaal leren om patronen te detecteren, uitkomsten te voorspellen en beslissingen te ondersteunen. Voor een meubelfabrikant kan analytische AI worden toegepast op vraagvoorspelling, kwaliteitscontrole of procesoptimalisatie, bijvoorbeeld een AI-systeem dat productiegegevens analyseert om machinestoringen te voorspellen of om materiaalfouten te signaleren (waardoor veerkracht en kwaliteit verbeteren). Een van de toepassingen die in het FURN5.0-handboek wordt beschreven, richt zich op *"AI-analyse en patroonanalyse,"* waarbij wordt geanalyseerd hoe AI grote gegevenssets kan doorzoeken om trends te vinden die mensen mogelijk missen. Generatieve AI daarentegen omvat AI-systemen die nieuwe content of ontwerpen kunnen creëren. Dit is een groeiend gebied met veelbelovende vooruitzichten, niet alleen voor meubelontwerp en marketing, maar ook voor organisatorische efficiëntie. Stel u zich een AI voor die honderden aangepaste meubelontwerpvarianties kan genereren op basis van de voorkeuren van een klant of snel prototypes kan produceren in een virtuele omgeving, iets dat de ontwerpfase aanzienlijk kan versnellen. Dergelijke *"Generatieve AI voor ontwerp op maat en snelle prototypes"* is een van de toepassingen die in dit project worden gebruikt. Op vergelijkbare wijze kan generatieve AI worden ingezet om operationeel management en efficiëntie te verbeteren, bijvoorbeeld door het stroomlijnen en creëren van nieuwe vormen van kennisbeheer, het automatiseren van documentatie en het verbeteren van de omgang met de klant. Een AI-gedreven kennissysteem zou bijvoorbeeld werknemers in staat kunnen stellen een database in natuurlijke taal te doorzoeken (zoals een AI-assistent die de ontwerpregels en eerdere projecten van het bedrijf kent). In verkoop en marketing kunnen generatieve AI-tools automatisch gepersonaliseerde marketingcontent of interieurvisualisaties voor klanten creëren, wat de klantervaring verbetert. De gemeenschappelijke factor is dat AI, wanneer het verantwoordelijk wordt ingezet, menselijke capaciteiten versterkt, of het nu gaat om creativiteit in ontwerp of efficiëntie in productie, in plaats van de menselijke arbeid te vervangen. Industry 5.0 benadrukt *"een mensgerichte benadering voor digitale technologieën, waaronder AI,"* waarbij AI-oplossingen worden ontwikkeld met het welzijn en de empowerment van de werknemer in gedachten.



## Duurzame energie en autonomie

De technologische set wordt gecombineerd door innovaties in **energie-efficiëntie, hernieuwbare energie en autonome systemen**. Hoewel deze technologieën niet uniek zijn voor de meubelsector, zijn ze essentieel om de pijler duurzaamheid van Industry 5.0 te verwezenlijken. Dit kan alles omvatten, van fabrieken die zonnepanelen installeren en slimme energiebeheersystemen om hun ecologische voetafdruk te verkleinen, tot het verkennen van autonome logistiek (zoals zelfrijdende heftrucks of bezorgdrones) die voor meer veerkracht in de activiteiten kunnen zorgen. Energiegerichte technologie stond niet als een op zichzelf staand hoofdstuk in het FURN5.0-handboek, maar vormt de basis voor de bredere context: uiteindelijk dragen veel verbeteringen in Industry 5.0 bij aan **energiebesparing en groenere productie** (waaronder efficiënte machines, via AI geoptimaliseerde processen, het gebruik van digitale tweelingen om afval te verminderen). De Europese Industry 5.0-strategie benadrukt expliciet het belang van "technologieën voor energie-efficiëntie, hernieuwbare energie, energieopslag en autonomie" als onderdeel van dit toekomstige industriële model. In een meubelfabriek kan dit zich bijvoorbeeld uiten in de toepassing van slimme HVAC en verlichting die reageren op realtime omstandigheden, of het gebruik van energie die uit productieprocessen wordt geoogst om andere activiteiten van stroom te voorzien. De nadruk ligt op technologie om de ecologische voetafdruk van productie te minimaliseren. Zo wordt *duurzaamheid* niet alleen via materialen bereikt, maar ook door de manier waarop we onze fabrieken van stroom voorzien en runnen.

### Samenvattend vormen de ondersteunende technologieën van Industry 5.0 een onderling verbonden werkset.

Collaboratieve robotica en AR/VR richten zich op het *menselijke* aspect, slimme materialen. Schone technologie richt zich op *duurzaamheid*, en digitale tweelingen, het IoT en AI zorgen voor *veerkracht* en intelligentie. Belangrijk is dat veel van deze technologieën vandaag al opkomen in geavanceerde bedrijven (zoals een rapport uit 2024 wordt opgemerkt: *"ze zijn al aanwezig in bedrijven die ver op het gebied van digitalisering zijn"*). Industry 5.0 voorziet echter dat ze in de hele productiesector op een geïntegreerde, mensgerichte manier worden toegepast. Voor meubelbedrijven die aan deze reis beginnen, moet als eerste stap deze technologieën worden begrepen. Toch toont recent onderzoek aan dat er een **kenniskloof** is: gemiddeld gaf 50% van de ondervraagde EU-meubelbedrijven toe weinig te weten over Industry 5.0-technologieën (bij sommige technologieën lag het bewustzijn zelfs onder de 70%). Hier komen de educatieve materialen van het FURN5.0-project om de hoek kijken als nuttige bronnen. Ze helpen namelijk die kloof te overbruggen door te illustreren wat deze innovaties in de praktijk betekenen.

## Wat te verwachten in dit handboek - Overzicht van de toepassingen

De kern van het handboek voor het FURN5.0-project is een verzameling **Industry 5.0-toepassingen** (beknopte, praktische casestudy's of factsheets) die elk een specifieke toepassing van Industry 5.0-technologie in de meubelsector belichten. Deze toepassingen zijn ontworpen om gemakkelijk gelezen te kunnen worden en informatief te zijn, zodat leidinggevend, werknemers of andere geïnteresseerde lezers snel kunnen begrijpen hoe een bepaalde technologie werkt en welke voordelen deze biedt. Dit inleidende hoofdstuk geeft

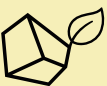
een overzicht van de delen in het handboek, waarin de soorten content worden uitgelegd en hoe u hierin uw weg kunt vinden.

**De toepassingen zijn georganiseerd per technologisch domein**, in lijn met de hierboven besproken ondersteunende technologiecategorieën. Deze thematische groepering helpt lezers gerelateerde onderwerpen met elkaar in verband te brengen en het grotere geheel te zien. De belangrijkste domeinen en hun bijbehorende toepassingen zijn:



### Interactie tussen mens en machine en robotica

De inhoud onder dit domein laat zien hoe meubelproductie meer op mensen kan worden gericht door middel van *collaboratieve robotica en immersieve interfaces*. Zo richt een specifieke toepassing zich op **interactie tussen mens en robot (HRI)** (nr. 1) in meubelfabrieken, waarbij wordt aangetoond hoe *collaboratieve robots ('cobots')* werknemers kunnen helpen bij taken zoals assemblage of oppervlaktafwerking. Een andere toepassing behandelt het gebruik van **extended reality (XR)** (nr. 2) – oftewel augmented en virtual reality – in productontwerp en het maken van prototypes. Er is ook een toepassing om **XR te gebruiken voor training en bijscholing van het personeel** (nr. 3) in de meubelindustrie. Aan de hand van deze voorbeelden zien lezers hoe operators *hand in hand kunnen werken met slimme machines*: van het gebruik van AR-brillen om een nieuw keukenontwerp in 3D te visualiseren voordat het wordt gebouwd, tot het programmeren van een cobot door deze simpelweg door een beweging te leiden (in plaats van complexe codering). De conclusie is dat Industry 5.0-technologieën de fabrieksomgeving interactiever, intuïtiever en veiliger voor mensen kunnen maken.



### Slimme materialen en functionaliteiten

Binnen dit domein is een van de toepassingen gericht op **slimme, op de meubelsector toegepaste functionaliteiten** (nr. 4), waarbij geavanceerde materialen en ingebouwde technologieën worden onderzocht die meubels nieuwe mogelijkheden bieden. Zo kan het bijvoorbeeld slimme prototypes voor meubels tonen, zoals een **tafel die draadloos laden en sensoren bevat**, of het gebruik van **vormgeheugenmaterialen** die componenten in staat stellen zichzelf aan te passen. De inhoud zal benadrukken hoe intelligente materialen waarde kunnen toevoegen (meubels die zich aanpassen aan gebruikers of omgeving) en duurzaamheid kunnen verbeteren (materialen die langer meegaan of

gemakkelijker te recyclen zijn). Aan de hand van deze toepassing, zullen managers en technici in de branche het concept van *"intelligente materialen"* in Industry 5.0 begrijpen en zien dat materiaalkunde net zo belangrijk is als informatica voor de toekomst van meubels.



### Digitale tweelingen en simulatie

Twee toepassingen vallen onder dit domein, wat de kracht van virtualisatie en modellering illustreert. De eerste behandelt **digitale tweelingen van producten en processen** (nr. 5) en legt uit hoe het creëren van een digitale spiegel van een meubelstuk of een hele productielijn kan helpen bij ontwerp, testen en onderhoud. De tweede gaat over **technologieën voor simulatie en meting van de ecologische en maatschappelijke impact** (nr. 6) in de meubelproductie. Deze toepassing is bijzonder toekomstgericht: ze toont tools die een proces kunnen simuleren (zoals het afwerken van een tafel) en de CO<sub>2</sub>-uitstoot of zelfs de ergonomische impact op werknemers kunnen berekenen. Lezers leren hoe digitale simulaties besluitvorming kunnen sturen naar duurzamere en ergonomischere productieopstellingen. Samen benadrukken deze toepassingen een belangrijk idee van Industry 5.0: *"meet twee keer, snijd één keer"*, oftewel gebruikmaken van digitale modellen om processen en producten virtueel te perfectioneren, waardoor tijd en hulpbronnen in de echte wereld bespaard worden.



### Integratie en traceerbaarheid van gegevens

Dit domein vormt de datagestuurde ruggengraat van Industry 5.0 bij meubels. Verschillende toepassingen benaderen het vanuit verschillende invalshoeken:

- **Producttraceerbaarheid via het Digitale Productpaspoort (DPP)** (Nr. 7): een van de toepassingen introduceert het concept van een Digitaal Productpaspoort voor meubels. Het beschrijft hoe een DPP-systeem een

meubelstuk kan volgen van het grondmateriaal tot het levensduureinde, waarbij informatie wordt opgeslagen zoals de oorsprong van hout, gebruikte lijmen, de ecologische voetafdruk en recyclinginstructies. Dit is direct gekoppeld aan de komende EU-duurzaamheidsregels en biedt een praktisch hulpmiddel voor naleving en transparantie.

- **Gegevensverwerking voor leerprocessen** (Nr. 8): deze toepassing onderzoekt hoe bedrijven onbewerkte gegevens kunnen omzetten in bruikbare kennis in Industry 5.0, waar fabrieken, machines en systemen enorme hoeveelheden gegevens genereren; dit deel bespreekt methoden zoals machinaal leren van gegevensanalyse die *leren* van productiegegevens om activiteiten te optimaliseren (bijvoorbeeld het analyseren van productielijnegegevens om inefficiënties te identificeren of AI-modellen te trainen om kwaliteitsproblemen te voorspellen). Het benadrukt dat alleen gegevens verzamelen niet genoeg is; men moet ze verwerken en *ervan leren* voor voortdurende verbetering.
- **Interoperabiliteit van gegevens en systemen** (Nr. 9): deze toepassing behandelt de uitdaging om verschillende IT-systemen en -apparatuur te integreren zodat ze effectief met elkaar communiceren. In veel meubelbedrijven kunnen ontwerpsoftware, productiesystemen, voorraaddatabases, enzovoort gescheiden zijn. De toepassing zal strategieën of normen voor interoperabiliteit behandelen (zoals het gebruik van gangbare gegevensindelingen of IoT-platforms) om tot een meer verbonden fabriek te komen. Zo wordt het een opstapje naar Industry 5.0, waar alles in een digitaal ecosysteem met elkaar verbonden is.
- **IoT- en sensorintegratie in productie en producten:** Twee nauw verwante toepassingen richten zich op netwerksensoren, één op **productieketeniveau** (nr. 10) en één op **productniveau** (nr. 11). De eerste laat zien hoe integratie van IoT in het productieproces (de fabrieksvloer) realtime bewaking en slimmere automatisering mogelijk maakt. Zo kunnen sensoren op machines predictief onderhoud mogelijk maken, d.w.z. het anticiperen op storingen voordat ze optreden, en zo de veerkracht verbeteren. De tweede behandelt **IoT in de meubelproducten** zelf. Dit kan variëren van slimme kantoormeubels die zich aanpassen aan ergonomische voorkeuren, tot verbonden huismeubilair dat met gebruikersapparaten communiceert. Door deze onderwerpen samen te groeperen, kunnen lezers de volledige reikwijdte van connectiviteit waarderen: gegevens stromen over en weer in de waardeketen, van interne processen tot de eindgebruikerservaring. Over het geheel genomen laten de delen in deze gegevens-/traceerbaarheidsset zien hoe **informatie net zo belangrijk wordt als het fysieke product** in Industry 5.0, waardoor traceerbaarheid, slimmere besluitvorming en nieuwe diensten mogelijk worden.



## Toepassingen van kunstmatige intelligentie

- De inhoud in dit domein duikt in door **AI aangestuurde innovaties** in de meubelindustrie. Vier toepassingen illustreren verschillende gebruikssituaties van AI:
- **Generatieve AI voor ontwerp op maat en snelle ontwikkeling van prototypes** (Nr. 12): Deze toepassing bespreekt hoe generatieve algoritmen snel ontwerpvarianties of zelfs visuele prototypes kunnen creëren. AI zou bijvoorbeeld tientallen stoelontwerpen kunnen genereren op basis van een opdracht van een ontwerper of zelfs op basis van consumentenfeedback, waardoor het herhalingsproces aanzienlijk wordt versneld. Het kan voorbeelden bevatten van door AI gegenereerde meubelontwerpen of hoe 3D-printen met AI kan worden gecombineerd om snel prototypes te maken.
  - **Door AI aangestuurde kennisbeheersystemen** (nr. 13): Hier ligt de focus op het gebruik van AI om kennis binnen een meubelbedrijf vast te leggen en te organiseren. Dit kan betekenen dat er een intelligente database is die natuurlijke taalzoekopdrachten gebruikt (waardoor werknemers vragen kunnen stellen zoals: *"Hoe is het bekledingsprobleem van dit model vorig jaar opgelost?"* en antwoorden krijgen uit eerdere dossiers), of AI-chatbots die helpen bij het trainen van nieuw personeel door technische vragen te beantwoorden. Het toont AI als een ondersteunende tool om expertise te behouden en werknemers te begeleiden, in lijn met het gedachtegoed waarin de mens centraal staat.
  - **Marketing en verkoop optimaliseren met generatieve AI** (nr. 14): Deze toepassing beoordeelt de kant die de klant te zien krijgt en laat zien hoe AI-content kan personaliseren en automatiseren. Meubelwinkels en fabrikanten moeten vaak catalogi, kamervisualisaties of marketingteksten maken. Generatieve AI kan delen hiervan automatiseren, door op maat gemaakte marketingmateriaal voor verschillende doelgroepen of interactieve kamerontwerpen voor klanten in real time te creëren. Het illustreert hoe AI, zelfs buiten de fabrieksvloer, waarde kan toevoegen aan de meubelindustrie door klantbetrokkenheid te vergroten en creativiteit in marketing te stimuleren.
  - **AI-analyse en patroonanalyse** (Nr. 15): De laatste AI-toepassing houdt zich bezig met het gebruik van AI voor gegevensanalyse en besluitvormingsondersteuning. Het behandelt het gebruik van geavanceerde analyses of machinaal leren om patronen te vinden in complexe gegevenssets (zoals trends in consumentenvoorkeuren, patronen in machineprestaties of knelpunten in de toeleveringsketen) en om managers te ondersteunen bij strategische beslissingen. Door deze analytische AI te implementeren, kunnen meubelbedrijven de overstap maken naar op gegevens gebaseerde strategieën, waardoor het bedrijf veerkrachtiger en responsiever wordt voor verandering (een belangrijk resultaat van Industry 5.0).

Door deze AI-gerichte toepassingen te verkennen, krijgen lezers inzicht in hoe **kunstmatige intelligentie een veelzijdige tool in Industry 5.0 is** (van creatief ontwerp tot slimmere bedrijfsvoering) altijd met als doel menselijke vaardigheden aan te vullen en de productiviteit op een duurzame manier te verbeteren.

### FURN5.0-handboek: inhoudsstructuur

De inhoud van het FURN5.0-handboek is onderverdeeld in de vijf hierboven genoemde technologiedomeinen:

#### 2 Inhoudsstructuur van het FURN5.0-handboek

Onderstaande tabel vat de hierboven genoemde (genummerde) toepassingen samen die onder elk technologiedomein zijn opgenomen.

#### 3 Toepassingen van het FURN5.0-handboek

De inhoud volgt een **logische stroom die begint bij technologieën voor interactie tussen mens en machine en vervolgens via digitale infrastructuur uitkomt bij AI.**

Binnen elk domein behandelen afzonderlijke delen de specifieke toepassingen zoals beschreven.

Deze classificatie heeft twee voordelen:

Het **weerspiegelt de structuur van eerder geïntroduceerde Industry 5.0-technologieën**, waarbij het begrip van de lezer wordt versterkt door gerelateerde onderwerpen te groeperen (na het lezen over collaboratieve robots en AR/VR in de introductie, vindt de lezer bijvoorbeeld direct het bijbehorende gedeelte in het HMI-deel).

Het benadrukt de **onderlinge verbanden** tussen delen. Lezers die geïnteresseerd zijn in een bepaald aspect (bijvoorbeeld connectiviteit) kunnen gemakkelijk alle gegevensgerelateerde delen samen vinden, waardoor ze een volledig beeld krijgen van hoe traceerbaarheid, interoperabiliteit en IoT samen bijdragen aan een verbonden Industry 5.0-ecosysteem.

Sommige toepassingen bestrijken meerdere domeinen (bijvoorbeeld een cobot gebruikt AI voor visie, of een AI-ontwerptool kan ook een vorm van interactie tussen mens en machine zijn). In zulke gevallen is de classificatie gebaseerd op de primaire focus van het deel. De voorgestelde volgorde is niet de enige manier om de inhoud te ordenen, maar biedt een duidelijke en pedagogische samenhang tussen de tastbare innovaties op de werkvloer (robots, materialen) tot de digitale en immateriële innovaties (gegevens, AI).

### Samenvatting

Dit inleidende hoofdstuk is bedoeld om lezers te helpen hun weg te vinden in de toepassingen in het FURN5.0-handboek. Het handboek beschrijft wat Industry 5.0 (vooral voor meubelmakers) betekent en identificeert de belangrijkste technologieën die deze transformatie mogelijk maken. Samenvattend ligt de focus van **Industry 5.0 op het integreren van geavanceerde technologie met een human touch en een milieubewuste aanpak**: het is de meubelfabriek waar ambachtslieden samenwerken met cobots, waar ontwerp door AI sneller gaat maar geïnspireerd wordt door natuur en duurzaamheid, en waar elk product een paspoort heeft van de duurzame reis die het heeft afgelegd. De vijftien

2

#### Structuur van de inhoud van de toepassingen in het FURN5.0-handboek

1	Interactie tussen mens en machine
2	Slimme materialen
3	Digitale tweelingen en simulatie
4	Gegevensintegratie en IoT
5	Kunstmatige intelligentie

3

#### FURN5.0-toepassingen

1	Interactie tussen mens en robot (HRD)
2	Extended Reality (XR)
3	Gebruik van XR voor training en bijscholing van de beroepsbevolking
4	Slimme functionaliteiten toegepast in de meubelsector
5	Digitale tweelingen van producten en processen
6	Technologieën voor simulatie en meting van ecologische en maatschappelijke impact
7	Producttraceerbaarheid via het Digitale Productpaspoort (DPP)
8	Gegevensverwerking voor leerprocessen
9	Interoperabiliteit van gegevens en systemen
10	IoT- en sensorintegratie in de productieketen van productie en producten
11	IoT- en sensorintegratie in producten
12	Generatieve AI voor ontwerp op maat en snel prototypes maken
13	Door AI aangestuurde kennisbeheersystemen
14	Optimalisatie van marketing en verkoop met generatieve AI
15	AI-analyse en patroonanalyse

toepassingen in het handboek illustreren deze concepten met concrete voorbeelden en gebruiksscenario's. Door toepassingen op een gestructureerde manier te presenteren (gegroepeerd per domein), kunnen lezers gemakkelijk interessante onderwerpen vinden en begrijpen hoe elk onderdeel past in het grotere Industry 5.0-plaatje. Of het nu een manager van een meubelbedrijf of technicus is die een innovatiestrategie beoordeelt, een werknemer die nieuwsgierig is naar de toekomst van zijn werk, of gewoon een liefhebber van slim ontwerp, er valt van elk onderdeel iets te leren. **Het tijdperk van Industry 5.0 in meubels breekt aan** en belooft een toekomst waarin technologie en vakmanschap samenkomen om een slimmere, duurzamere en meer op mensen gerichte meubelindustrie te creëren. Uiteindelijk streeft het FURN5.0-project ernaar om belanghebbenden uit te rusten met de kennis en tools om deze overgang in goede banen te leiden. Door de inzichten in deze delen te begrijpen, zijn branchebestuurders beter voorbereid om mee te doen bij het vormgeven van een "intelligente toekomst van meubels."

Welkom bij Industry 5.0!

# Toepassingen van Industry 5.0-technologieën

Een gids ter bevordering van mensgerichte,  
duurzame en veerkrachtige slimme productie

## Interactie tussen mens en robot (HRI) in de meubelindustrie



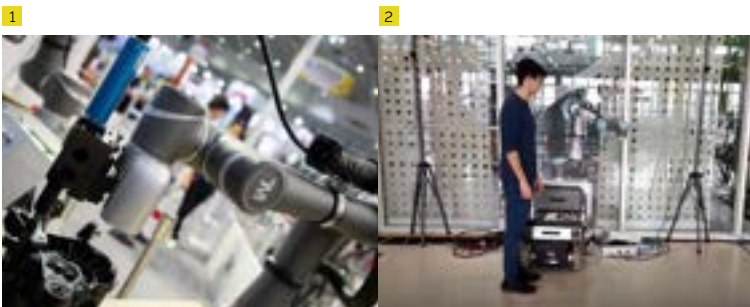
### Beschrijving

In de overgang naar Industry 5.0 evolueert de interactie tussen mens en robot verder dan fysieke samenwerking en krijgt cognitieve interactie, intuïtieve controle en realtime menselijke empowerment een steeds grotere rol. In de meubelproductie betekent dit robots en AI-systemen die ontworpen zijn om zich aan te passen aan menselijke behoeften, vaardigheden en intenties, niet dat werknemers zich aan de machine moeten aanpassen.

**1** Collaboratieve arm van Techman Robot voert schroefwerkzaamheden uit met behulp van het geïntegreerde kunstmatige zichtsysteem voor geautomatiseerde assemblage. Bron: Techman Robot

In het licht hiervan is de eerste benadering van robotica richting Industry 5.0 dat het moet samenwerken met mensen. Collaboratieve robots zijn robots die voldoen aan de ISO10218- en ISO TC 15066-normen. Dit zijn robots die ontworpen zijn om hun kracht en impact-energie te beperken. In tegenstelling tot traditionele industriële robots (die meestal achter veiligheidshekken opereren), bevatten cobots krachtsensoren en bewegingsbeperkingsfuncties zodat ze veilig een werkruimte met mensen kunnen delen. Enkele van de meest relevante kenmerken waar bij deze robots rekening moet worden gehouden zijn de laadcapaciteit, het bereik en de herhaalbaarheid om zware precisietaken mogelijk te maken.

Collaboratieve robotica is noodzakelijk, maar niet voldoende voor de eisen van robotica voor Industry 5.0. Robotica moet uitgerust zijn met het vermogen tot intelligent redeneren, zodat het de mens voortdurend bewust kan maken van de situatie in de omgeving. Cognitieve robotica maakt gebruik van de huidige context van AI als opkomende technologie om menselijke handelingen, omgevingsgegevens en productiecontext te interpreteren, waardoor adaptief gedrag mogelijk wordt gemaakt (bijvoorbeeld het aanpassen van krachtacti-



Implementatiemoeilijkheid: **Laag**Economische levensvatbaarheid: **Gemiddeld tot hoog**

## Interactie tussen mens en robot (HRI) in de meubelindustrie

vatie afhankelijk van materiaalhardheid of detectie van defecten waarbij de mens op de hoogte wordt gesteld ). Op dit punt is het relevant om het belang te erkennen van niet-invasieve rapportage in combinatie met het verstrekken van uitgebreide informatie over het milieu en machine-intenties aan mensen. Strategieën zoals Looming bieden operators een visuele weergave van robotbewegingsplannen, aankomende bewegingen en intenties (lichtprojecties op de werkplek), zodat ze altijd weten wat de robot gaat doen, waardoor onzekerheid en stress worden verminderd.

**2** *Universal Robots' UR5 collaboratieve robot test de Looming-strategie. De mens kan de lichtprojecties op de grond observeren om de intentie van de beweging van de robot te begrijpen. Eigen bron.*

Een andere strategie voor interactie tussen robot en mens is de integratie van AI op gespreksniveau. Natuurlijke taalverwerkingsmodellen stellen operators in staat om vragen aan de robot te stellen, instructies te geven of uitleg te vragen in natuurlijke gesproken taal, waardoor intuïtieve en toegankelijke controle mogelijk wordt. Deze aanpak zorgt ervoor dat operators altijd op de hoogte zijn van de komende handelingen van de robot, waardoor onzekerheid en stress worden geminimaliseerd.

Interactie tussen mens en robot houdt ook in dat de operator wordt uitgerust met de vaardigheden en capaciteiten om de robot te besturen. Dit wordt bereikt door robotbesturing te vereenvoudigen. Dit betreft de automatische generatie van robottrajecten uit visuele formaten van een onderdeel of het in elkaar gezette meubelstuk. Het gaat om een effectieve oplossing voor oppervlaktebewerkingen, waarbij het pad automatisch wordt gegenereerd uit een CAD-bestand.

**3** *Simulatie van een automatisch trajectgeneratiesysteem dat paden programmeert. OnRobot*

Een andere benadering die gehanteerd kan worden, is de toegang tot procesprogrammering gemakkelijker te maken. Blokprogrammeren is een visuele en geleide methode om de volgorde van taken te plannen die door de robot worden uitgevoerd. Deze methodologie stelt operators zonder specifieke training in staat om programma's te genereren die de robot kan interpreteren en uitvoeren.

**4** *Blokgebaseerde robotprogrammering met KUKA-teachpendants. Bron KUKA*



Collaboratieve and cognitieve robotica heeft een directe toepassing in de meubelproductie dankzij de grote bewegingsvrijheid die de 6 assen (standaard) bieden, de belasting die ze kunnen dragen (5-10 kg) en hun herhaalbaarheid. Tegelijkertijd bieden ze meer veiligheid voor de werknemer, omdat deze de robots van een bepaalde afstand kan bedienen zonder te worden blootgesteld aan gevaarlijke of vuile omstandigheden. Enkele taken in de meubelindustrie waarop collaboratieve robotica kan worden toegepast:

- Houtfrezes: Robotfrezes biedt een enorme mate van flexibiliteit vergeleken met andere vormen van freesautomatisering. Strategieën zoals Looming kunnen de veiligheid en het vertrouwen bij interactie tussen mens en robot vergroten. Aan de andere kant kan de freesopstelling aangenamer zijn voor de operator als deze visueel geprogrammeerd kan worden.
- Schuren en oppervlaktebehandeling: Het grote voordeel van het gebruik van robots voor het schuren is de consistentie van de oppervlakteafwerking die ze bieden. Collaboratieve robotica maakt het mogelijk om het pad van de robot middels inleren te programmeren en de robot zal het schurende medium elke keer op dezelfde manier over het oppervlak van het materiaal bewegen. Deze taken kunnen efficiënter worden uitgevoerd met automatische processen voor het genereren van toolpaths waarbij het oppervlak van het onderdeel wordt doorkruist door de CAD van het onderdeel in te voeren.
- 9** *Dobot-Robots CR5-robot, uitgerust met een schuurkop, voert adaptief oppervlakteschuren uit met constante krachtregeling. Bron: Dobot-Robots.*
- Lakken en coaten: Lakrobots zijn een perfecte optie om de efficiëntie van uw meubellakwerk te verbeteren. Net als bij het schuren kan het traject van de robot voor het lakken automatisch worden gegenereerd uit de CAD van het te lakken oppervlak.
- 10** *Universal Robots collaboratieve robot voert een poedercoatingtaak uit op een metalen structuur. Bron: Universal Robots*
- Assemblage van componenten: Cobots kunnen helpen bij het vasthouden, uitlijnen of aandrijven van bevestigingsmiddelen. In de praktijk kunnen cobots repetitieve stappen uitvoeren (bijvoorbeeld het plaatsen van een deugel, het passen van scharnieren) terwijl mensen de fijnere aanpassingen voor hun rekening nemen. Geavanceerde planningskaders lijken veelbelovend voor assemblagelijnen met

## Interactie tussen mens en robot (HRI) in de meubelindustrie

mensen en robots in meubelfabrieken. Door spraakbegeleiding op basis van opeenvolgende commando's in natuurlijke taal kunnen de efficiëntie en ergonomie van meubelmontage worden verbeterd.

**11** *Omron-cobot met geïntegreerd visiesysteem voor automatische kwaliteitscontrole, voornamelijk gericht op het opsporen van afwijkingen. Bron: Omron-website, UNIKA-gebruiksscenario.*

- **Inspectie:** Robots kunnen worden geïntegreerd met visiesystemen, echografiescanners en andere sensoren. Dit versnelt het inspectieproces van meubels.
- **Dimensionale schaalvergroting:** Een groot voordeel van het gebruik van robots voor meubelproductie is hun grote werkruimte. U kunt de werkruimte van bijna elke robot vergroten door simpelweg externe assen toe te voegen. Dit is erg handig bij het werken met grote meubelstukken, omdat het makkelijker is om op te schalen en dus de tijden te verkorten, vergeleken met andere vormen van automatisering.
- **Palletiseren:** Er zijn al oplossingen voor palletisering waarbij mensen en collaboratieve robots met elkaar samenwerken, wat zorgt voor meer veiligheid en precisie bij het oppakken en plaatsen. Visuele markeringen die op het werkgebied worden geprojecteerd, geven de operator meer vertrouwen en veiligheid.

**12** *KUKA-robot met arm voor het manipuleren van houtmateriaal*



### Implementatieaspecten

#### ■ Implementatiemoeilijkheid: Laag

Het ecosysteem van de meeste collaboratieve robots is ontworpen voor snelle en gemakkelijke implementatie. Omdat deze robots over het algemeen klein zijn, zijn ze vaak aan de werkbanken zelf bevestigd. De controller van de robot is meestal ook klein van formaat vergeleken met industriële controllers. De meeste fabrikanten bieden toegang tot tutorials voor zelfstudie, maar bieden ook training in inbedrijfstelling. De programmeeromgeving van een collaboratieve robot om eenvoudige handelingen uit te voeren, zoals bewegingen en oppakken en neerzetten, is zeer gebruiksvriendelijk. Daarnaast worden collaboratieve robots op een standaard manier geprogrammeerd door demonstratie, waarbij de robot met de hand naar de relevante punten wordt bewogen. De robot herhaalt vervolgens de bewegingen. Bovenal hebben de meeste grafische programmeersystemen die afstappen van traditioneel tekstgebaseerd programmeren en daardoor het proces vereenvoudigen.

De meeste collaboratieve robots hebben een hardware/software-ecosysteem dat lijkt op dat van een appwinkel voor mobiele telefoons. U koopt een bepaald stuk hardware (bijvoorbeeld een grijper), monteert het op de robot, downloadt software uit een opslagplaats en installeert het direct, en de robot is klaar om te werken. U hoeft niets te configureren; het systeem doet het automatisch.

#### ■ Economische levensvatbaarheid: Gemiddeld tot hoog

De economische levensvatbaarheid: van het implementeren van collaboratieve robots in de meubelproductie is gemiddeld tot hoog, vanwege de balans tussen initiële kosten en operationele voordelen. Met prijzen variërend van € 25.000 tot € 50.000 kunnen cobots repetitieve taken automatiseren; voor hun werking zijn geen exclusieve veiligheidsmiddelen (veiligheidskooien, actieve veiligheidselementen, enz.) nodig, wat de productiviteit verhoogt en werkgerelateerde verwondingen vermindert. Hun eenvoudige programmering en flexibiliteit om zich aan te passen aan verschillende processen maken dat ze op middellange termijn winstgevend zijn, vooral in variabele of aangepaste productieomgevingen.

Een industriële robot wordt geacht 33% te kosten voor de robot + 33% voor randapparatuur en extra elementen + 33% voor programmering en inbedrijfstelling. Een collaboratieve robot kan de behoefte aan randapparatuur en programmering verminderen. De vermindering wordt bij het gebruik van collaboratieve robotica op 27,5% geschat.

#### ■ Menselijke factoren

De integratie van collaboratieve robots (cobots) in meubelproductie verandert aanzienlijk de manier waarop menselijke werknemers met technologie, taken en elkaar omgaan. Hoewel cobots zijn ontworpen om veilig in de buurt van mensen te opereren, is er vaak sprake van aarzeling onder werknemers, die meestal voortkomt uit onbekendheid, waargenomen risico's of bezorgdheid over baanverlies. Het aanpakken van deze zorgen vereist transparante communicatie, praktische demonstraties en een duidelijke uitleg van hoe cobots menselijke rollen ondersteunen (niet vervangen). Vanuit psychologisch oogpunt moeten cobots worden gezien als behulpzame teamgenoten in plaats van als opdringerige machines. Werknemers die zich betrokken voelen bij hun inzet en invloed kunnen uitoefenen op hoe cobots worden geïntegreerd, zullen de technologie eerder accepteren en overnemen.

Vertrouwen wordt bevorderd door consistent cobotgedrag, duidelijke feedback (bijv. visuele of auditieve signalen) en goed afgebakende veiligheidszones. Belangrijk is dat cobots moeten voldoen aan veiligheidsvoorschriften zoals ISO 10218 en ISO/TS 15066, die eisen definiëren voor veilige fysieke interactie en krachtbeperkingen in de samenwerking tussen mens en robot. Regelmatige interactie en geleidelijke overdracht

van taken helpen werknemers om na verloop van tijd vertrouwen en zelfvertrouwen op te bouwen.

Operators moeten niet alleen getraind worden in de technische aspecten van programmeren en het toezicht houden op cobots, maar ook in gezamenlijke taakplanning en oplossing van elementaire problemen. Moderne cobots gebruiken vaak gebruiksvriendelijke, laag-code interfaces of gebarengbaseerde programmering, die de leercurve verkort als ze goed worden geleid.

Door fysiek intensieve of repetitieve taken af te schuiven, verminderen cobots vermoeidheid, voorkomen ze blessures aan het bewegingsapparaat en kunnen oudere of minder fysiek bekwaame werknemers actieve bijdragers blijven. Deze ergonomische voordelen moeten echter worden versterkt door een goed ontwerp van de werkplek. Collaboratieve omgevingen moeten samen worden ontworpen met input van operators om comfort, taakverloop en zichtbaarheid te waarborgen. Slecht geplande indelingen kunnen verwarring of veiligheidsproblemen veroorzaken.

Uiteindelijk zijn cobots het meest succesvol wanneer ze niet als vervangers worden gezien, maar als facilitators van een meer evenwichtige, veiligere en meer bevredigende werkomgeving.

**■ Omgevingsfactoren**

De implementatie van collaboratieve robots (cobots) in de meubelproductie roept belangrijke vragen op over de omgeving, zowel op werkruimteniveau als gedurende de hele productlevenscyclus. Wat betreft de directe werkomstandigheden is fysieke ruimte een cruciale factor: cobots vereisen voldoende ruimte voor veilige samenwerking met mensen, toegang tot gereedschap en materialen. Compacte en flexibele montageoplossingen (vloer, tafel, plafond) helpen de indeling in ruimtebeperkte werkplaatsen te optimaliseren. Verlichting en zichtbaarheid spelen ook een cruciale rol, vooral voor cobots die zichtsyste men gebruiken. Een stabiele verlichting verbetert de nauwkeurigheid en vermindert materiaalverspilling door inspectiefouten of herbewerking. Stof van houtbewerking, samen met hoge luchtvochtigheid of temperatuur, kan sensoren en

voegen beïnvloeden, waardoor bescherming of preventief onderhoud nodig is.

Vanuit het oogpunt van de levenscyclus hebben cobots in verschillende fasen een milieu-impact. Materiaalwinning voor metalen (bijv. aluminium, staal) en zeldzame aardmetalen (bijv. neodymium) heeft een hoge ecologische voetafdruk. De productiefase is energie-intensief, terwijl cobots in de gebruiksfase de efficiëntie van hulpbronnen kunnen verbeteren door afval te verminderen en just-in-time workflows mogelijk te maken. Door AI aangestuurde robotica is echter vaak afhankelijk van datacentra en cloudinfrastructuren die ook veel energie en water verbruiken. Bovendien dragen cobots uiteindelijk bij aan e-afval; hun complexe mechatronische ontwerp kan demontage en recycling bemoeilijken.

Maar er is ook een positieve kant: de integratie van door AI aangestuurde cognitieve robotica maakt preciezere bewegingsplanning en adaptief gedrag mogelijk, wat onnodige bewegingen minimaliseert, het energieverbruik vermindert en het materiaalgebruik verbetert. Voor echt duurzame implementatie is vooruitgang op het gebied van energiezuinige processors, neuromorfe chips en edge AI-optimalisatie essentieel om de ecologische voetafdruk van intelligente robotsystemen te verkleinen.

**■ Afstemming op certificeringen en regelgeving**

Collaboratieve robotica wordt voornamelijk gereguleerd door ISO 10218-1/2 en ISO/TS 15066, die veiligheidseisen vaststellen voor industriële en collaboratieve robots. ISO 10218 definieert algemene richtlijnen voor veilig ontwerp en werking, terwijl ISO/TS 15066 deze eisen voor samenwerkingstoepassingen aanvult door limieten voor kracht, druk en veilig contact tussen robot en persoon te specificeren.

De installatie van de collaboratieve robot vereist wereldwijde certificering, inclusief de robot, de tools en de software. Er zijn bedrijven die gespecialiseerd zijn in het certificeren van het gebruik van cobots volgens de huidige normen, het uitvoeren van fysieke metingen en het controleren of de toegestane limieten niet worden overschreden.



## Interactie tussen mens en robot (HRI) in de meubelindustrie



### Oplossingen



#### Geautomatiseerde schuurcel

Mirka + Universal Robots

Finland / Denemarken ↔

Een flexibele schuuroplossing op basis van cobots, ontworpen voor oppervlakteafwerking in hout- en meubelproductie. Het systeem integreert naadloos Mirka's elektrische schuurmachine met de collaboratieve armen van Universal Robots, waardoor programmeerbare, herhaalbare bewegingen mogelijk zijn. Het ondersteunt snelle gereedschapsverwisseling, instelbare drukregeling en compatibiliteit met verschillende soorten schuurpapier, waardoor het ideaal is voor vlakke en gebogen meubelopervlakken.



#### Interface zonder code voor de programmering van robotassemblage

YK-Robotics

Italië ↔

Deze robotische lijm- en doseringsoplossing is geoptimaliseerd voor hout- en meubelassemblageprocessen. Hij komt zonder code, een op voorwerpen georiënteerde interface die eenvoudige, intuïtieve en flexibele programmering van robotcellen mogelijk maakt. Zowel ontwikkelaars als machineoperators kunnen programma's maken en aanpassen zonder eerdere programmeerervaring, waardoor snelle aanpassing aan nieuwe productgeometrieën of lijmen mogelijk is.



#### Robotische manipulatie van materiaal voor meubels

Dexterity

Verenigde Staten ↔

Dexterity voorziet in door AI aangestuurde robots voor complexe materiaalhandelingstaken zoals het oppakken, palletiseren en sorteren van omvangrijke meubelonderdelen. Deze robots werken veilig samen met mensen, passen zich in real time aan onvoorspelbare omgevingen aan en vereisen minimale integratie-inspanning. Hun behendige armen en waarnemingssystemen hanteren onregelmatige of fragiele voorwerpen met precisie.



#### Door AI aangestuurde robotprogrammering

Door AI aangestuurde robotprogrammering

Canada ↔

RoboDK is een krachtig offline programmeer- en simulatieplatform voor industriële robots. Het stelt gebruikers in staat om CAD-modellen te importeren, toolpaths te definiëren en robotprogramma's te genereren zonder de productie te onderbreken. Toepassingen zijn onder andere lassen, frezen, lakken, inspectie en oppakken en plaatsen, met AI-verbeterde functies voor trajectopti-



#### Multisensing Intelligent Robotic Assistant (MAiRA) voor meubels

Neura Robotics

Duitsland ↔

MAiRA is een alles-in-één cognitieve robot die computervisie, kunstmatige intelligentie, omgevingsperceptie en spraak-/gebaarcontrole combineert. In de meubelproductie verzorgt het schuur-, boor-, lijm- en inspectietaken, waarbij het zich aanpast aan veranderende materialen en vormen. Het maakt een veilige, intuïtieve samenwerking tussen mens en robot zonder hekken mogelijk, waardoor de kwaliteit en flexibiliteit op de werkvloer verbeteren.



#### AI Accelerator

Universal Robots (met moederbedrijf Teradyne Robotics en Mobile Industrial Robots - MiR), in samenwerking met NVIDIA (Isaac™ roboticaplatform)

Verenigde Staten ↔

Cobots die door AI worden aangedreven, krijgen het vermogen om te leren, zich aan te passen en weloverwogen beslissingen te nemen gebaseerd op hun zintuiglijke input, waarbij ze complexe taken uitvoeren zoals het uit bakken halen van diverse voorwerpen. Cobots begrijpen hun omgeving beter, plannen optimale routes en voeren taken veilig en efficiënt uit. De MiR1200 Pallet Jack kan bijvoorbeeld omgaan met complexe magazijnvereisten en dynamische omgevingen met behulp van LiDAR voor volledig autonome navigatie.



#### Smitcoating voor grote voorwerpen met cobot en 3D-camera

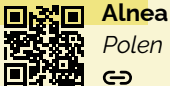
Cefla

Italië ↔

De iGiotto is een geavanceerde 6-assige antropomorfe spuitbekledingsrobot, ontworpen voor het afwerken van grote en ingewikkelde onderdelen zoals deuren, raamkozijnen en diverse meubelonderdelen. Met de optionele 2D/3D c-Vision scanner kan hij autonoom nauwkeurige sproeipaden genereren, waardoor handmatig programmeren niet langer nodig is en de installatietijd tot wel 50% wordt verkort. De in-line spuitmogelijkheid maakt realtime besturing mogelijk, inclusief het eventueel vertragen of pauzeren van de transportband.



Voorbeelden



**Alnea**

*Polen*



Meubelstukken inpakken in een platte verpakking: Alnea's robotische meubelverpakkingssysteem gebruikt geavanceerde visie voor intelligente besturing van oppakken en traject. De cobot integreert door AI aangestuurde beeldherkenning om onderdelen te lokaliseren, zich aan te passen aan hun posities en botsingsvrije trajecten in real time te plannen. Dit zorgt voor efficiënte, schadevrije verpakking van diverse meubelcomponenten, vooral in variabele productielijnen.



**Techman Robots**

*Taiwan*



Cognitieve cobot voor schuren: De collaboratieve schuurtoepassing van Techman Robots combineert AI, visiesystemen en krachtregeling en past zich zo aan verschillende meubeloppervlakken aan. Deze cobots identificeren de vorm van voorwerpen, passen de schuurdruk dynamisch aan en volgen precieze trajecten. Hun ingebouwde slimme visie maakt ze ideaal voor geautomatiseerde houtafwerkingstaken in de meubelproductie.



**Pickle Robot**

*Verenigde Staten*



Door AI aangestuurde depalletisering met robots: Pickle Robot biedt door AI aangestuurde depalletisering met robots voor ongestructureerde ladingen zoals meubel dozen. Het systeem gebruikt realtime waarneming om gemengde voorwerpen efficiënt te identificeren, grijpen en verplaatsen. Omdat vooraf bepaalde indelingen niet nodig zijn, maakt het flexibel en autonoom lossen mogelijk, waardoor arbeid en operationele flow in meubellogistiek worden geoptimaliseerd.



**CMA Robotics**

*Italië*



Geautomatiseerde houtafwerking: CMA Robotics heeft geavanceerde robotsystemen geïmplementeerd voor het geautomatiseerd lakken van houten meubelcomponenten, waaronder stoelen, tafels en panelen. Deze systemen maken gebruik van 3D-visietechnologie om verschillende vormen nauwkeurig te identificeren en te

lakken, wat de afwerkingskwaliteit en productie-efficiëntie in de meubelindustrie verbetert.



**Medienos Era**

*Litouwen*



Automatisering van aangepaste verpakkingen: Medienos Era, een Litouwse fabrikant van massieve houtmeubels, heeft de RoboCut-oplossing geïmplementeerd die door Industrial Robotics Company is ontwikkeld. Dit robotsysteem maakt de productie van op maat gemaakte kartonverpakkingen in de eigen fabriek mogelijk, waardoor afval wordt verminderd en de logistieke efficiëntie verbetert. De technologie zorgt voor consistente kwaliteit en grotere flexibiliteit bij het omgaan met verschillende productafmetingen.



**Becker Romania (dochteronderneming van het Duitse bedrijf Becker Brakel)**

*Roemenië*



Assemblagetaken: gebruik van twee collaboratieve robots (UR10) die samenwerken om lijm te doseren en oppakken en plaatsen uitvoeren in de productielijn van gevormd hout, waarbij menselijke operators samen met de twee collaboratieve robots werken. De opstelling wordt aangestuurd door de teachpendant en het vooraf gedefinieerde programma CircleMove wordt gebruikt voor programmering; toepassings specifieke variabelen zijn gedefinieerd om met operatoren samen te werken, bijvoorbeeld om hen te waarschuwen wanneer de lijm vervangen moet worden



**Industriële robotica**

*Litouwen*



Robottimmerman: De oplossing voor de productie van houten componenten van Industrial Robotics gebruikt een 6-assige RoboMill-cel uitgerust met automatische gereedschapswisselaars voor boren, frezen, routeren en klinken. Dit flexibele robotsysteem kan complexe houten frameonderdelen aan. De programmeerbare opstelling maakt productie in kleine hoeveelheden en gevarieerde geometrieën mogelijk, waardoor de afhankelijkheid van vakbekwame arbeidskrachten afneemt. Wanneer CAD/CAM-projecten worden gemaakt, hoeft de operator alleen het ordernummer en de hoeveelheid in te voeren, de lege plekken op de transportband te laden en het systeem te starten. De robottimmerman voert vervolgens autonoom de taken uit.

Extended reality in processen voor  
productontwerp en het maken van prototypes



Implementatiemoeilijkheid: **Gemiddeld**Economische levensvatbaarheid: **Gemiddeld tot hoog**

## Extended reality in processen voor productontwerp en het maken van prototypes



### Beschrijving

Extended reality (XR) omvat het volledige spectrum van immersieve technologieën, waaronder virtual reality (VR), mixed reality (MR) en augmented reality (AR). In de context van meubelontwerp en prototypes maakt XR-technologie interactie mogelijk met digitale driedimensionale modellen in zowel virtuele als fysieke omgevingen, wat een zeer realistische ervaring oplevert. Deze technologie is afhankelijk van de integratie van gespecialiseerde hardware (headsets, controllers, sensoren) en software om gesimuleerde omgevingen te creëren of digitale informatie over echte omgevingen te leggen.

XR vertegenwoordigt een paradigmaverschuiving. Voor de opkomst ervan werd het ontwerp van driedimensionale voorwerpen zoals meubels altijd uitgevoerd via vlakke interfaces, of het nu papier en potlood was, of muis en scherm. Nu is het mogelijk om meubels direct in drie dimensies te ontwerpen, waarbij afmetingen, functionaliteit en ergonomie direct en nauwkeurig worden geverifieerd.

Tijdens de conceptualisatiefase stelt XR ontwerpers in staat om een prototype op ware grootte met grote nauwkeurigheid te visualiseren, waarbij de ergonomie, esthetiek en functionaliteit worden beoordeeld voordat de fysieke productie wordt uitgevoerd. Het maakt ook snelle herhaling van meerdere ontwerpvarianten mogelijk, waardoor de kosten lager en de ontwikkeltijden korter worden. Gebruikers kunnen virtueel rond een stoelmodel lopen, de verhoudingen controleren of zelfs zitten simuleren om het comfort van de vorm te testen.

Aan de andere kant maakt augmented reality interactie met virtuele voorwerpen in de fysieke ruimte mogelijk. Bij meubelontwerp op maat kunnen klanten een mobiel apparaat of AR-bril gebruiken om afwerkingen, kleuren of afmetingen te selecteren terwijl ze het meubelstuk over hun eigen omgeving bekijken. Dit verhoogt het niveau van cocreatie, omdat de klant actief deelneemt

aan het ontwerp- en prototypeproces, parameters in real time aanpast en het resultaat direct visualiseert. XR integreert vanzelfsprekend met andere digitale facilitators, zoals digitale tweelingen of het Internet of Things (IoT). Zo kunnen sensorgegevens (materialen, spanning, weerstand) in real time worden verkregen en gevisualiseerd op een immersief 3D-model. Dit ondersteunt op gegevens gebaseerde besluitvorming, minimaliseert fouten en bevordert duurzaamheid door de noodzaak van fysieke prototypes in meerdere herhalingen te vermijden.

Uiteindelijk levert extended reality tastbare voordelen op voor de meubelindustrie: snellere en nauwkeurigere prototypes, meer aangepaste producten op basis van klantvoorkeuren en een zeer flexibel en collaboratief ontwerpproces. Dit alles resulteert in minder afval, kortere ontwikkeltijden en een aangenamere ervaring voor de eindgebruiker. XR is, dankzij zijn immersieve en virtuele manipulatiemogelijkheden, een belangrijke tool in de digitale transformatie van de meubelindustrie, en stuurt het naar bedrijfsmodellen gericht op innovatie, efficiëntie en milieubewustzijn.



### Toepassing

Extended Reality heeft een beslissende invloed op het ontwerpen en maken van prototypes van meubels door een immersief platform te bieden voor snel visualiseren, herhalen en valideren van ideeën zonder uitsluitend te vertrouwen op fysieke prototypes. De grootste waarde ligt in het vermogen om virtuele werkruimtes na te bootsen waar ontwerpteams, klanten en andere belanghebbenden een zeer gedetailleerd en realistisch 3D-model kunnen bekijken.

Ten eerste maken immersieve simulaties met VR een effectieve evaluatie van formele en esthetische kenmerken mogelijk. Meubels komen tot leven in een virtuele ruimte op ware grootte, met perspectieven die

5



6



## Extended reality in processen voor productontwerp en het maken van prototypes

onmogelijk te bereiken zijn met traditionele 2D-tekeningen. Dit maakt vroege aanpassingen aan ergonomie of afmetingen mogelijk zonder materialen of hulpbronnen te verbruiken aan fysieke prototypes.

XR maakt ook directe cocreatie met klanten mogelijk. Met AR kan een digitaal prototype worden overgebracht naar de omgeving van de gebruiker, zoals een woonkamer of kantoor, waar kleuren, texturen of structurele configuraties kunnen worden aangepast. Op deze manier definieert de klant actief het product, ziet direct veranderingen en beoordeelt hoe goed het bij de esthetiek en beschikbare ruimte past. Hierdoor neemt de tevredenheid toe en worden er minder producten teruggestuurd en fouten gemaakt tijdens de productie. Andere kenmerken, zoals fysieke feedback, verschillen in de fysieke texturen van materialen en zelfs de geuren van hout en andere materialen, blijven een probleem dat aangepakt moet worden om een zo volledig mogelijke immersie te bereiken en meer beslissingsfactoren aan te pakken die niet per se objectief zijn vanuit technisch perspectief, maar meer emotionele waarnemingen betreffen.

Een andere belangrijke toepassing is functionele validatie in vroege stadia. Het virtuele prototype kan gesimuleerde "gebruikstests" ondergaan om het gedrag onder verschillende belastings-, spannings- of bewegingsomstandigheden te analyseren. Wanneer geïntegreerd met gegevensanalyse en sensortools (digitale tweelingen), worden preciezere metingen verkregen voor structurele tests, wat de kwaliteit en veiligheid van het uiteindelijke ontwerp verbetert.

Samenwerking is een andere cruciale factor. Ingenieurs, ontwerpers en leveranciers kunnen tegelijkertijd verbinding maken met een gedeelde VR-omgeving om, ongeacht de locatie, aspecten van het prototype in real time te bespreken en te herzien. Deze vloeiende communicatie stroomlijnt uiteindelijk besluitvorming, voorkomt misverstanden en bevordert collectieve creativiteit.

Tot slot heeft XR een aanzienlijke invloed op de optimalisatie van hulpbronnen in productinnovatieprocessen door de noodzaak van meerdere fysieke prototypes tot een minimum te beperken. Hoewel traditioneel fysiek prototypen \$ 2.000 - \$ 15.000 kost per herhaling van een meubelstuk, vermindert de XR-implementatie dit met 60-80%, met een terugverdientijd van doorgaans 8-12 maanden voor middelgrote meubelbedrijven. De verkorting van de ontwikkeltijd is gemiddeld 30-50% op basis van casestudy's uit de industrie. Elke virtuele herhaling is een concrete stap richting de definitieve versie, met minder materiaalgebruik, wat niet alleen de ecologische duurzaamheid ten goede komt, maar ook de economische druk in de beginfase van meubelontwerp verlicht.



### Implementatieaspecten

#### ■ Implementatiemoeilijkheid: Gemiddeld

Het toepassen van XR voor ontwerp en prototypes vereist een initiële investering in apparatuur (headsets, gespecialiseerde software) en personeelstraining. Hoewel de technologie volwassen is, kan het integreren ervan in de dagelijkse bedrijfsroutine organisatorische en culturele veranderingen met zich meebrengen. Workflowupdates en coördinatie tussen multidisciplinaire teams (ontwerpers, ingenieurs, ontwikkelaars) zijn noodzakelijk. De leercurve vlakkt echter na verloop van tijd af: VR-basisvaardigheid kan doorgaans in 2 tot 3 weken worden bereikt, geavanceerde ontwerpworkflows in 2 tot 3 maanden en volledige teamintegratie in 4 tot 6 maanden, met een trainingskosten van ongeveer \$ 1.500 - \$ 3.000 per ontwerper. Commerciële oplossingen bieden doorgaans uitgebreide ondersteuning en best practices die geschikt zijn voor het mkb.

#### ■ Economische levensvatbaarheid: Gemiddeld tot hoog

Ondanks de investering in hardware en training rechtvaardigt de vermindering van fouten en fysieke prototypes snel de kosten. Door ontwikkelingscycli te verkorten en meer maatwerk mogelijk te maken, kunnen bedrijven hun voorraad optimaliseren, herbewerkingskosten verlagen en snel reageren op de wensen van de klant. De toegevoegde waarde van interactieve ervaringen versnelt besluitvorming en verbetert de klanttevredenheid. Op middellange termijn wordt het ROI versterkt door gerichtere verkopen en minder afval.

#### ■ Menselijke factoren

De integratie van XR-technologieën in ontwerp- en prototypeprocessen heeft een grote invloed op hoeswerkteams in de meubelindustrie samenwerken en functioneren. Ten eerste hangt succesvolle invoering af van voortdurende training en digitale bijscholing: ontwerpers, ingenieurs en fabrieksoperators moeten de competenties verwerven die nodig zijn om immersieve apparaten vol vertrouwen en effectief te bedienen. Deze leercurve helpt de weerstand te verminderen, bouwt vertrouwen op en maakt een soepelere integratie van XR-tools in dagelijkse innovatieroutines mogelijk. Daarnaast bevorderen VR en AR door middel van een gedeelde, visuele en interactieve taal een betere samenwerking. Dit vermindert communicatiebarrières tussen afdelingen, waardoor teams worden afgestemd op visuele prototypes en realtime feedback. Daardoor voelen werknemers zich meer betrokken en identificeren

ze zich met het creatieve proces, waarbij ze hun input direct in de virtuele omgeving tot leven zien komen. Echter, bij het gebruik van XR moet ook rekening worden gehouden met ergonomie en gezondheid. Langdurig gebruik van immersieve omgevingen kan tot vermoeide ogen, desoriëntatie of wagenziekte leiden. Daarom is het essentieel om duidelijke gebruiksprotocollen te definiëren, zoals het instellen van pauzes tussen XR-sessies. Het is ook belangrijk om wagenziekte te benoemen als een veelvoorkomende implementatiebelemmering die aanvankelijk 15-25% van de gebruikers treft. Evenzo vereist AR dat gebruikers de aandacht verdelen tussen fysieke en virtuele elementen, waardoor specifieke veiligheidsmaatregelen nodig zijn om cognitieve overbelasting of ongelukken te voorkomen. Wanneer XR met een mensgerichte benadering wordt toegepast, kan het leren, betrokkenheid en welzijn bevorderen, mits ergonomische, cognitieve en organisatorische aspecten goed worden aangepakt om een veilige en inclusieve werkomgeving te waarborgen.

### ■ Omgevingsfactoren

Het toepassen van XR in de meubelindustrie helpt het materiaalverbruik en afvalproductie te verminderen, aangezien de meeste tests en validatie virtueel plaatsvinden. Het is niet langer nodig om fysieke prototypes te produceren voor elke productherhaling of -variant, waardoor de ecologische voetafdruk die gepaard gaat met het vervoeren van componenten en het weggoien van afgedankte onderdelen wordt verlaagd. Bovendien vermindert de mogelijkheid om op afstand samen met klanten te creëren de noodzaak voor fysieke ontmoetingen en fysieke monsters. Dit vertaalt zich in minder uitstoot en een kleinere logistieke impact. Daarnaast maken XR-geïntegreerde systemen voor gegevensanalyse (zoals digitale tweelingen en simulatietools) het ontwerp van meubels mogelijk met eco-ontwerp en energie-efficiëntiecriteria, waardoor het gebruik van grondstoffen wordt geoptimaliseerd en afval zoveel mogelijk wordt beperkt. Aan de andere kant, vanuit het oogpunt van de levenscyclus, bevatten XR-ondersteunende apparaten materialen en componenten met hoge impact (bijv. head-mounted displays (HMD's), sensoren, controllers en soms externe computers of smartphones), die een mix van kunststoffen, metalen, zeldzame aardmetalen (REE's) en complexe elektronische circuits bevatten. Voor deze componenten zijn milieubelastende extractie- en productieprocessen nodig. Deze milieubelasting

wordt nog erger door de korte levensduur van veel consumentenapparaten die XR ondersteunen. Vaak worden ze door de snelle technologische vooruitgang binnen 2-3 jaar vervangen. In de gebruiksfase variëren de energievereisten per systeem, maar continu gebruik van hoogwaardige HMD's en verwerkingseenheden kan leiden tot een aanzienlijk cumulatief energieverbruik in de tijd. Aan het einde van hun levensduur dragen door XR ondersteunende apparaten bij aan het groeiende probleem van e-waste door componenten te gebruiken zoals lithiumbatterijen, leddisplays en sensoren die gevaarlijk kunnen zijn als ze niet goed worden behandeld. Kortom, XR zou een positieve milieubalans kunnen bieden wanneer het bewust wordt toegepast, met een wereldwijde focus op besparing van hulpbronnen en duurzaam ontwerp.

### ■ Afstemming op certificeringen en regelgeving

XR-projecten in meubelontwerp moeten in de eerste plaats zijn afgestemd op horizontale beheerkaders: ISO 45001 levert het arbeidszorg- en veiligheidssysteem dat de ergonomie, de duur van de sessies en de algemene zorgplicht van de headset regelt; de EU-AVG reguleert alle persoonsgegevens die tijdens immersieve sessies worden verzameld, van gebruikersaccounts tot biometrische sporen, en vereist een Data-Protection-Impact Assessment waarbij oogtracking of ruimtelijke mapping gevoelige kenmerken kunnen onthullen; ondertussen breidt ISO 14001 dezelfde levenscyclusdiscipline uit naar milieuprestaties, waardoor het maken van virtuele prototypes de grondstof-, energie- en e-waste voetafdruk van XR-apparaten echt compenseert. Voortbouwend op die basis moeten meubelmakers ISO/IEC 23053:2022 raadplegen voor de algehele XR/AI-systeemarchitectuur en de IEEE 2048-serie voor apparaattaxonomie, latentie, mediaformaten en veiligheid van gebruikersinterfaces; samen vormen ze een gemeenschappelijke taal voor leveranciers en auditors. Op de werkvloer beschouwt OSHA in haar richtlijnen voor virtuele training immersieve training alleen als "adequaat" wanneer het aantoonbaar het risicobewustzijn verbetert, waardoor risicobeoordelingen vóór inzet noodzakelijk zijn. Ten slotte moet hardware die naar de EU wordt verzonden voldoen aan de radio-, EMC- en laagspanningsrichtlijnen en het CE-keurmerk dragen; in technische bestanden moet de naleving van bovenstaande normen worden aangetoond.

## Extended reality in processen voor productontwerp en het maken van prototypes



### Oplossingen



#### VR Sketch

*Baroque Software*

*Multinational* ↔

Collaboratieve VR-plug-in voor SketchUp waarmee meerdere gebruikers 3D-modellen kunnen ontwerpen en bewerken in een immersieve omgeving. Deze versnelt validatie en vermindert ontwerpfouten door realtime, volledige visualisatie te bieden. Gericht op gezamenlijk werk tussen ingenieurs en creatievelingen.



#### Gravity Sketch

*Gravity Sketch Group*

*Verenigd Koninkrijk* ↔

Professionele software gericht op immersieve 3D-modellering. De software integreert NURBS-curves en intuïtieve tools in VR- of AR-omgevingen, waardoor realtime cocreatie mogelijk is. Gebruikt in de meubelindustrie om prototypes te maken en complexe geometrieën te valideren vóór de definitieve productie.



#### Enhance

*Enhance XR*

*Spanje* ↔

Platform voor het ontwikkelen van e-commerceoplossingen voor meubels met behulp van 3D- en AR-technologie. Het stelt gebruikers in staat om meubels in real time interactief aan te passen.



#### Moblo

*MYTIforge*

*Frankrijk* ↔

Platformonafhankelijke software die is ontworpen om basismeubelmodellen te genereren voor VR- en AR-weergave (alleen mobiel). Het maakt basismodellering mogelijk van bewerkbare blokken en het genereren van materiaalbibliotheken. De interface is eenvoudig en flexibel, maar mogelijkheden voor meerdere gebruikers ontbreken.



#### ShapesXR

*ShapesXR Inc.*

*Denemarken* ↔

Collaboratief VR-ontwerpplatform waarmee multidisciplinaire teams prototypes van meubels in real time kunnen creëren en herhalen. Beschikt over gespecialiseerde ergonomische meetinstrumenten, materiaalspanningsanalyse en biomechanische simulatie. Compatibel met meerdere VR-headsets (Meta Quest, HTC Vive, Pico) en biedt directe export naar productiesoftware, waaronder CNC-programmering en 3D-printvoorbereiding.



## Voorbeelden



### Bakken & Bæck

Noorwegen



Technotimmerman – Meubels beeldhouwen in VR: Een experimenteel project dat AI en natuurlijke gebaren in een VR-omgeving gebruikt om unieke meubels te beeldhouwen. Gebruikers vormen hun ideeën met handbewegingen, die het systeem vertaalt naar 3D-modellen, klaar om te worden afgedrukt of geproduceerd, wat cocreatie en innovatie stimuleert



### Paolo de Jesús y XR+

Duitsland-Frankrijk



Thinking Woman's Chair: Een initiatief van het WORTH Partnership Project dat een schommelstoel voorstelt, ontworpen voor CNC-productie. Het bevat op AR gebaseerde instructies die gebruikers begeleiden bij de assemblage. De immersieve ervaring bevordert betrokkenheid en maatwerk, en biedt een menselijkere en creatievere benadering van meubelontwikkeling



### Damiano Latini & Nicholas Baker

Italië



Dit bedrijf heeft VR opgenomen in het conceptuele ontwerp- en prototypeproces. Een geval dat er uitsteekt is de "Super Chair", ontwikkeld samen met ontwerper Nicholas Baker, volledig met VR gemodelleerd in 3D voordat er een fysiek prototype werd gemaakt.



### Matt Antes & Cullan Kerner

Verenigde Staten



Chair1: Een prototype stoel gemaakt van gerecyclede PETG, ontworpen in VR om snelle prototypes en virtuele aanpassingen mogelijk te maken voordat duurzame productie via industriële 3D-printen mogelijk is. Ontworpen met Gravity Sketch.



### UIMAGE ApS

Denemarken



Umage Augmented Reality: AR-toepassing voor cocreatie en virtueel prototypes voor interieur. Hun website beschikt over een AR-functie waarmee gebruikers de lampen en meubels van UMACHE op echte schaal in hun eigen huis kunnen bekijken voordat ze een aankoop doen.



### Roche Bobois

Frankrijk



Mah Jong 3D: deze mobiele app stelt gebruikers in staat om digitaal een mahjongsofacompositie te creëren en aan te passen, waarbij moduleconfiguraties worden gekozen en verschillende stoffen worden toegepast (waaronder Jean Paul Gaultier, Kenzo Takada, Missoni, enz.), om vervolgens het resultaat in 3D en AR te visualiseren.



### IKEA

Zweden



In 2017 lanceert IKEA IKEA Place, waarmee het makkelijker wordt om aankoopbeslissingen in uw eigen huis te nemen, om geïnspireerd te raken en door met een veeg over uw Apple-apparaat veel verschillende producten, stijlen en kleuren in echte situaties uit te proberen.



### Natuzzi Italia

Italië



Natuzzi Augmented Store: De grootste meubelfabrikant van Italië heeft in samenwerking met Microsoft en Hevolus Innovation een uitgebreide XR-oplossing geïmplementeerd, onder de naam "Augmented Store". Met Microsoft HoloLens 2 betreden klanten een digitaal weergegeven versie van hun eigen huis in VR om Natuzzi-meubelstukken te visualiseren en aan te passen. Het concept Augmented Store combineert VR-immersie met AR-thuisvisualisatie en is wereldwijd uitgerold naar meer dan 1.000 Natuzzi-locaties.

# 3



## Beschrijving

Extended Reality (XR) omvat een reeks immersieve technologieën die de fysieke en digitale wereld samenbrengen. Het omvat drie hoofdtakken: Virtual reality (VR), augmented reality (AR) en mixed Reality (MR), elk met verschillende graden van immersie en interactie.

### Virtual reality (VR)

Virtual reality dompelt gebruikers volledig onder in een driedimensionale digitale omgeving met speciale headsets of brillen. Deze technologie is bijzonder geschikt voor het simuleren van werkplaatsen voor houtbewerking of meubelproductielijnen, waardoor complexe vaardigheden in een veilige en gecontroleerde omgeving worden verworven. Operators kunnen specifieke bewegingen oefenen, virtuele gereedschappen hantieren en stapsgewijze procedures volgen zonder fysieke risico's of materiaalverspilling. Interactie binnen de gesimuleerde omgeving maakt het mogelijk om echte oefeningen te repliceren, inclusief prestatiebeoordeling op basis van successen en fouten. VR-gebaseerde training blijkt waardevol zowel voor de initiële instructie als voor het bij- of herscholen van mechanische of geautomatiseerde processen. Uit onderzoek uit de industrie blijkt dat VR-training kennisbehoud aanzienlijk verbetert (tot 80%) en het verwerven van vaardigheden versnelt in vergelijking met traditionele methoden. Bovendien maakt het het mogelijk om voortgangsgegevens vast te leggen, veelvoorkomende fouten te identificeren en de trainingscontent aan het individuele leertempo van elke werknemers aan te passen. <sup>1</sup>

### Augmented reality (AR)

Augmented reality legt digitale informatie over de echte omgeving, toegankelijk via transparante slimme brillen of mobiele apparaten. Het is vooral waardevol bij processen voor assemblage, onderhoud en kwaliteitscontrole, waar realtime precisie essentieel is. Stapsgewijze

1



2



Implementatiemoeilijkheid: **Gemiddeld**Economische levensvatbaarheid: **Hoog**

## Benutting van extended reality voor training en bijscholing in de meubelindustrie

instructies kunnen direct worden geprojecteerd op meubelonderdelen of machines, waarbij de operator door taken wordt geleid met contextuele aanwijzingen. Dankzij geïntegreerde camera's kunnen trainers of technische experts op afstand hulp bieden door het gezichtsveld van de werknemer te bekijken en gesynchroniseerde visuele ondersteuning te sturen. AR maakt ook interactie mogelijk met verankerde 3D-modellen binnen de fysieke werkruimte, waardoor het begrip van structuren, componenten of bedrijfssequenties verbetert. Bovendien bevordert het zelftraining op de werkvloer, omdat instructiemateriaal direct in de werkomgeving toegankelijk is zonder dat de productieactiviteiten hoeven worden onderbreken. Bovendien maakt AR eenvoudige en snelle digitale updates van instructiemateriaal mogelijk, waardoor de behoefte aan gedrukte handleidingen wordt verminderd en proceswijzigingen sneller worden verspreid <sup>2</sup>

### Mixed reality (MR)

Mixed reality vertegenwoordigt een geavanceerde convergentie van VR en AR, waardoor interactieve virtuele voorwerpen in real time in de fysieke omgeving kunnen worden geïntegreerd. In tegenstelling tot VR isoleert MR de gebruiker niet, maar verbetert het de omgeving met contextuele digitale content. Het wordt gebruikt via twee hoofdtypen apparaten: transparante optische headsets (bijv. HoloLens) en ondoorzichtige headsets die met externe camera's zijn uitgerust (bijv. Meta Quest 3, Apple Vision Pro). MR stelt operators in staat om met echte machines te werken terwijl ze virtuele instructies ontvangen die over hun gezichtsveld worden gelegd. Aanwijzingen kunnen bestaan uit het markeren van specifieke gebieden, het tonen van assemblageschema's of het uitvoeren van visuele veiligheidswaarschuwingen. In ontwerp- en supervisiecontexten maakt MR prototypevalidatie, dimensionale verificatie en realtime gezamenlijke beoordeling mogelijk zonder de productieworkflows te onderbreken. De keuze van de headset hangt af van het vereiste detailniveau en de aard van de taak, variërend van licht toezicht tot geavanceerde

met hetzelfde digitale model vanaf verschillende locaties kunnen communiceren.

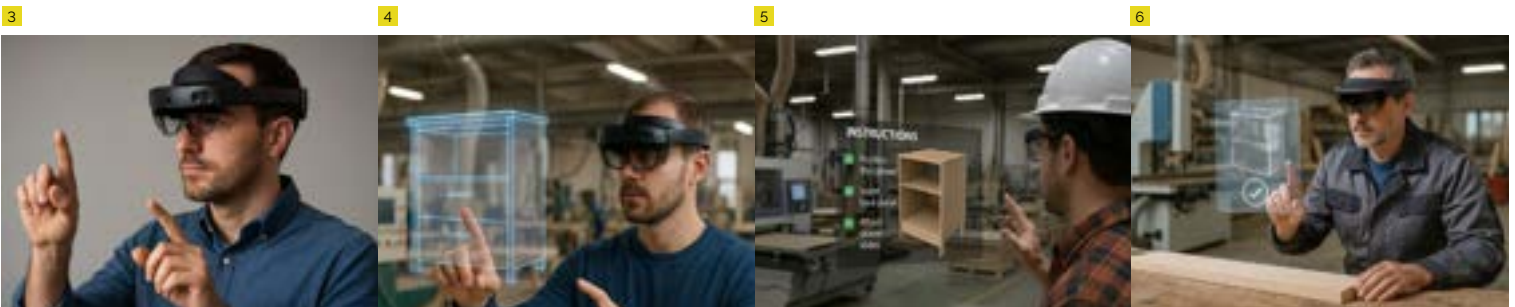
Gezamenlijk bieden deze drie technologieën een breed scala aan trainingoplossingen die zich kunnen aanpassen aan diverse professionele profielen binnen de meubelindustrie (van werkvloeroperators tot technische ontwerpers), met een sterke impact op efficiëntie, veiligheid en de standaardisatie van processen. <sup>3</sup>



De meubelindustrie, gekenmerkt door zeer handmatige processen en gespecialiseerd vakmanschap, gebruikt steeds vaker extended reality (XR)-technologieën als belangrijke tools voor de training van het personeel en de voortdurende ontwikkeling van technische vaardigheden.

**Virtual reality (VR)** maakt het mogelijk om echte werkomgevingen te simuleren, zoals timmerwerkplaatsen, assemblagelijnen of CNC-machineopstellingen, zonder dat daarvoor fysiek materiaal nodig is. Met VR-headsets kunnen werknemers complexe taken uitvoeren, zoals meubelmontage, het gebruik van elektrisch gereedschap of het programmeren van geautomatiseerde machines in een volledig immersieve en veilige omgeving. Dit vermindert de beroepsrisico's. Bedrijven die VR-training invoeren, hebben een daling van het aantal arbeidsongevallen tot wel 70% gemeld, omdat werknemers risicovolle activiteiten veilig virtueel kunnen uitvoeren. Ook het gebruik van hulpbronnen wordt tot een minimum beperkt en de leercurves worden korter.

**Augmented reality (AR)** blijkt bijzonder effectief bij assemblage- en onderhoudstaken. Met transparante slimme brillen of mobiele apparaten kunnen werknemers stapsgewijze instructies visualiseren die direct over fysieke componenten worden gelegd. Dit maakt realtime leren mogelijk zonder constante supervisie en verhoogt de nauwkeurigheid bij repetitieve of precisiebewerkin-



technische simulatie. MR verbetert ook samenwerking op afstand, waardoor meerdere gebruikers gelijktijdig

gen. In de meubelsector is dit vooral toepasbaar op de

## Benutting van extended reality voor training en bijscholing in de meubelindustrie

assemblage van complexe constructies, kwaliteitscontroleprocedures en aanpassingen op maat.

**Mixed reality (MR)** gaat nog een stap verder door virtuele elementen te laten inwerken op de fysieke omgeving. Een leerling kan bijvoorbeeld een 3D-model van een meubelstuk op een echt oppervlak bekijken, het virtueel manipuleren en een beter begrip krijgen van de structuur voordat het fysiek wordt gebouwd. Daarnaast kan op video gebaseerde MR (Video See-Through) volledige operationele scenario's simuleren, zoals het beheren van een productielijn, waardoor directe interactie tussen echte en digitale omgevingen mogelijk wordt. Deze technologieën kunnen bijzonder effectief zijn in de volgende processen:

- Opleiding in het gebruik van CNC-machines en gespecialiseerd gereedschap.
- Assemblage en installatie van modulaire componenten.
- Kwaliteitscontrole ondersteund door begeleide instructies.
- Productontwerp en personalisatie voor on-demand productie.

Industriële ontwerpers kunnen VR gebruiken om snel 3D-prototypes te ontwikkelen, waarbij ze de verhoudingen, materialen en functionaliteiten van meubelproducten in immersieve omgevingen beoordelen, waardoor fysieke mock-ups niet nodig zijn. Deze geavanceerde visualisatie ondersteunt ook een collaboratieve modelbeoordeling vóór technische validatie. <sup>4</sup>

In de fabrieksomgeving kunnen instructeurs AR gebruiken om procedures te standaardiseren door visuele instructies direct op het werkstation te projecteren, zodat consistente, praktische training voor assemblage-, snij- of bewerkingstaken wordt gegarandeerd. Dit is vooral nuttig voor de onboarding van nieuwe werknemers of het beheren van interne personeelwisselingen, waardoor operators elke stap direct kunnen volgen via de echte componenten. <sup>5</sup>

MR is ondertussen vooral voordelig voor gevorderde technische profielen en productiemangers. Deze professionals kunnen interactief omgaan met digitale modellen van assemblagelijnen, knelpunten identificeren of procesverbeteringen voorstellen zonder de daadwerkelijke bedrijfsvoering te verstoren. MR kan ook worden gebruikt om vóór de fysieke assemblage aangepaste productconfiguraties te valideren. <sup>6</sup>



### Implementatieaspecten

#### ■ Implementatiemoeilijkheid: Gemiddeld

De integratie van XR in de meubelindustrie is mogelijk, hoewel het investeringen vereist in hardware, software en training van werknemers. VR voor werknemerstraining is relatief eenvoudig te implementeren bij bestaande marktoplossingen, en wordt complexer wanneer op maat gemaakte, niet-generieke oplossingen specifiek voor individuele bedrijven nodig zijn. MR en AR kunnen grotere uitdagingen bieden voor implementatie dan VR vanwege de noodzaak van synchronisatie met de echte omgeving. Er moet rekening worden gehouden met de hulpbronnen die worden besteed aan het voorbereiden van activa en simulaties, zodat de systemen op middellange termijn winstgevend zijn. Zoals bij elke schaalvoordeel is de impact van deze ontwikkelingen en methodologische updates op de bedrijfsvoering een van de grootste risicofactoren bij het inzetten van nieuwe tools, zowel fysiek als digitaal.

#### ■ Economische levensvatbaarheid: Hoog

Het gebruik van XR in de meubelsector kan ontwerp- en productiekosten aanzienlijk verlagen, fouten minimaliseren en ongevallen op de werkvloer voorkomen. Bedrijven die MR, AR en VR gebruiken voor training en bijscholing kunnen in processen aanzienlijk de efficiëntie vergroten, wat de aanvankelijke investering kan rechtvaardigen (vooral voor bedrijven met hoge productievolumes en personeelsverloop). De kosten van bepaalde apparaten zijn relatief laag en de implementatie is eenvoudig met bestaande kant-en-klaaroplossingen.

#### ■ Menselijke factoren

De toepassing van augmented en virtual reality (AR/VR) in de meubelindustrie introduceert een reeks cruciale menselijke factoren die een succesvolle implementatie beïnvloeden.

Een belangrijke overweging is de leercurve van gebruikers die samenhangt met immersieve technologieën, vooral voor werknemers die niet vertrouwd zijn met head-mounted displays (HMD's), ruimtelijke navigatie of op gebaren gebaseerde interactie. Zonder voldoende training en ervaring kunnen werknemers zich verloren voelen of zich terughoudend opstellen om met virtuele omgevingen om te gaan.

Ongemak, vermoeidheid of cyberziekte, vooral in VR-omgevingen, kunnen uitdagingen vormen bij langdurig gebruik, vooral als ergonomie of kalibratie niet goed worden aangepakt. Dit benadrukt de noodzaak van hoogwaardige, ergonomisch ontworpen hardware en

gepersonaliseerde gebruiksprotocollen (bijv. sessielengte, zithouding, visuele aanpassingen).

Betrokkenheid van werknemers is een andere centrale factor. Als werknemers AR/VR zien als iets dat los staat van de werkelijke operationele behoeften of slechts als weer een "technologisch experiment", kan hun motivatie om het toe te passen afnemen. Omgekeerd, wanneer werknemers vroeg betrokken zijn, bijvoorbeeld bij het maken van content of scenario-testen, neemt hun draagvlak aanzienlijk toe.

Vertrouwen in virtuele content is ook cruciaal. Onnauwkeurige of slecht in context geplaatste simulaties verminderen het vertrouwen en kunnen ertoe leiden dat werknemers terugvallen op traditionele methoden. Het behouden van hoge kwaliteit in visuals en interactie verbetert niet alleen de immersie, maar ook het vertrouwen van gebruikers in de waarde van de technologie.

Bovendien moeten AR/VR-oplossingen inclusief zijn. Oplossingen moeten rekening houden met wisselende fysieke en cognitieve capaciteiten bij gebruikers, zoals mensen met visuele beperkingen of minder motorische vaardigheden. Hierbij kan het gaan om het aanpassen van lettergrootte, interfacecomplexiteit en manieren van interactie (bijv. spraak- versus handbesturing).

Tot slot vereist de implementatie van AR/VR een cultuuromslag. Het stimuleren van experimenteren, digitale sandboxes creëren voor oefening en peer learning helpen om angst te verminderen en het zelfvertrouwen te vergroten. Managers spelen een sleutelrol door immersieve tools als hulpmiddelen te presenteren, niet als systemen die toezicht houden op de prestaties. Met een mensgerichte ontwerp- en uitrolstrategie kunnen AR/VR-technologieën krachtige middelen worden voor empowerment van werknemers, operationeel leren en gezondheidsbewuste omgevingen.

### ■ Omgevingsfactoren

De toepassing van XR-technologieën voor training, bijscholing en herscholing in de meubelindustrie kan aanzienlijk bijdragen aan ecologische duurzaamheid, mits het wordt geïmplementeerd vanuit een verantwoord gebruiksperspectief. Een van de belangrijkste milieuvoordelen van XR in industrieel leren ligt in het vermogen om het intensieve gebruik van fysieke materialen te vervangen door immersieve virtuele omgevingen. Werknemers kunnen worden opgeleid in ontwerp, het maken van prototypes, assemblage of onderhoud zonder echte hulpbronnen zoals hout, hardware, lijmen of coatings te verbruiken. Door interactieve simulaties kunnen fouten worden gemaakt, processen worden herhaald en meerdere scenario's geëvalueerd zonder afval te genereren of grondstoffen te verbruiken.

Het gebruik van XR in technische training maakt ook een betere planning van installatie- en werkplaatsactiviteiten mogelijk en worden werkprocessen en het gebruik van machines, gereedschappen en productieruimtes

optimaal gebruikt. Dit kan onnodig reizen verminderen, het energieverbruik minimaliseren en de uitstoot terugbrengen die het gevolg zijn van logistieke of gedecentraliseerde fysieke trainingsactiviteiten waarbij vaak reizen tussen locaties of interventies op locatie door gespecialiseerd technisch personeel nodig zijn.

Het is ook belangrijk om rekening te houden met de ecologische voetafdruk van de infrastructuur die nodig is voor XR-oplossingen. De productie en het onderhoud van headsets, sensoren, controllers en servers omvatten plastic, metalen en elektronische materialen met een hoge milieubelasting (zoals kritieke grondstoffen, zeldzame aardmetalen, enz.) en zijn vaak moeilijk te recyclen aan hun levensduureinde, wat bijdraagt aan een ecologische impact die we niet mogen verwaarlozen. Daarnaast kunnen intensieve grafische verwerking en continue gegevensoverdracht leiden tot een verhoogd energieverbruik, mits dit niet wordt beheerd via efficiënte hulpbronnenstrategieën. Ook cloudgebaseerde rendering, multiplayeromgevingen, realtime gegevenssynchronisatie en door AI verbeterde omgevingen vereisen ondersteuning van een datacentrum en edgecomputing, die grote verbruikers zijn van elektriciteit en water.

### ■ Afstemming op certificeringen en regelgeving

XR-technologieën die worden toegepast op de meubelsector moeten aansluiten bij arbeidsveiligheidsnormen zoals ISO 45001 door realistische training mogelijk te maken in het herkennen van gevaren en risicopreventie mogelijk te maken, zodat veilige werkomgevingen ook binnen virtuele simulaties worden gegarandeerd. Deze technologieën kunnen ook voldoen aan milieunormen, zoals FSC- of PEFC-certificeringen, door digitale traceerbaarheidssystemen en visualisatie van materiaallevenscycli mogelijk te maken. Bovendien kan technische training op XR helpen om naleving van kwaliteitsnormen en voorschriften voor preventie van beroepsrisico's te versterken.

## Benutting van extended reality voor training en bijscholing in de meubelindustrie



### Oplossingen



#### XR-streaming voor houtbewerking

Felder Group

Oostenrijk ↔

Gebruik van XR om operators te trainen in de bediening van CNC-machines, waardoor de leercurve wordt verminderd en de productie-efficiëntie verbetert.



#### SimLab XR-training voor meubels

SimLab Soft

Duitsland ↔

Op VR en AR gebaseerde meubelmontagesimulator, waardoor operators praktische training kunnen krijgen voordat ze met fysieke materialen aan de slag gaan.



#### VR-timmermansimulator

UP360

Canada ↔

Virtual reality-simulator waarmee werknemers met timmergereedschap en -technieken kunnen oefenen in een veilige en gecontroleerde omgeving.



#### SimSpray VR-laktraining

VRSim, Inc

Verenigde Staten ↔

Simspray biedt gebruiksvriendelijke, op simulaties gebaseerde lak- en coatingtraining. Leer over HVLP-, luchtloze of luchtondersteunde luchtloze processen. Bespaar tijd, verminder afval en versnel de training met immersieve VR-technologie.



#### Dynamics 365-gidsen voor de training van houttechnici

Microsoft

Verenigde Staten ↔

Mixed Reality-toepassing voor het begeleiden van training en workflow van werknemers en studenten op daadwerkelijke machines in de werkomgeving. De holografische, driedimensionale prompts begeleiden technici terwijl ze daadwerkelijk hun taken uitvoeren op fysieke materialen en machines. Op maat gemaakte, interne contentontwikkeling is eenvoudig en snel; de software is compatibel met verschillende XR-headsets.



#### KIT-AR - KIT-Assist & Insight

KIT-AR

Portugal / VK ↔

Een reeks industriële augmented reality-tools die 3D-stapsgewijze instructies en procesanalyse bieden.



#### Virtual reality-simulatoren voor beroepsopleiding

VRFP

Spanje ↔

Een simulator ontworpen om het juiste gebruik van houtbewerkingsmachines te onderwijzen, waarmee studenten leren de onderdelen van een verstekzaag, een tafelzaag en een lintzaag te herkennen, evenals de functies van elk van deze gereedschappen.



## Voorbeelden



### Fologram

Australië



Mixed reality-timmerwerkdemonstratie: Een AR- en VR-project ontworpen om de assemblage van geprefabriceerde onderdelen in timmerwerk en de bouw te verbeteren. Via het Twinbuild-platform kunnen timmerleerlingen complexe houten constructies in elkaar zetten met virtuele begeleiding en realtime hulp.



### Human Interface Technology Lab (HITLab) - Howest University of Applied Sciences

België



Woodcraft VR is een educatieve virtual reality-toepassing die beschikbaar is voor Meta Quest, waar gebruikers basistechnieken voor timmerwerk kunnen leren en virtueel met handgereedschap kunnen werken in een gesimuleerde werkplaats.



### Innoarea Projects S.L.

Spanje



VR is een virtual reality-project ontwikkeld om professionals in de hout- en meubelsector te trainen in het gebruik van specifieke machines. Het maakt het veilig simuleren van industriële omgevingen mogelijk en verbetert technische training door middel van immersieve scenario's.



### SCM Group

Italië



SCM Maestro Smartech AR is een augmented-reality draadloos apparaat waarmee hun technici de klant efficiënt kunnen ondersteunen, zelfs op afstand, door gebruik te maken van: live POV-videostreaming naar externe technici; handsfree gegevensvisualisatie en interactie; tweerichtingsuitwisseling van blauwdrukken, schema's en checklists; realtime annotaties, tekst- en spraakcommunicatie van het team op afstand. ▶



### Artwood Academy

Italië



Mixed reality-training voor studenten houtbewerking bij Artwood Academy. Een MR-project, ontwikkeld met Dynamics 365 Guides en HoloLens2, voor training in het veld in het gebruik van houtbewerkingsmachines, zoals CNC's en kantenlijmers. Door video-, tekst- en 3D-holografische instructies te volgen, kunnen de technici de machines in real time gebruiken: prompts en instructies begeleiden de studenten bij het uitvoeren van standaardprocedures, regulier onderhoud en probleemoplossing. ▶



### JYSK

Denemarken



In 2023 introduceerde meubelwinkel JYSK "The Right Sales Attitude," een realistische virtuele trainingstool gebaseerd op WebVR die winkelpersoneel onderpelt in interactieve, gamified klantsituaties om vaardigheden op het gebied van verkoop en klantenservice te verbeteren.



### CETEM-EU

Spanje



XR4Crafts. De ontwikkeling van trainingsmateriaal met behulp van extended reality samen met haptische handschoenen om productie- en bouwprocessen te simuleren zoals: timmerwerk, muurschilderen, dakconstructie en het leggen van laminaatvloeren.

# 4



## Beschrijving

Slimme materialen, ook wel intelligente of responsieve materialen genoemd, zijn ontworpen oplossingen waarvan de eigenschappen op een gecontroleerde manier kunnen veranderen wanneer ze worden blootgesteld aan externe prikkels zoals mechanische spanning, druk, vocht, elektrische of magnetische velden, licht, temperatuur of specifieke chemicaliën.

In meubels en design verbeteren ze functionaliteit en aanpassingsvermogen, wat de prestaties verbetert en duurzame oplossingen ondersteunt.

Deze materialen kunnen op basis van structurele en operationele kenmerken in drie hoofdgroepen worden ingedeeld, die elk unieke voordelen bieden aan de evolutie van meubels.

De eerste groep slimme materialen zijn die materialen **die door technische constructies** worden verkregen. Deze categorie omvat alle materialen met "intelligente" structuren die ontworpen zijn om beter te reageren op mechanische spanningen, bijvoorbeeld in textiel, schuimen of composieten; of op licht, zoals bij gemanipuleerde oppervlakken door middel van lasergravure van mallen om de reflectie en transmissie van licht te regelen. Andere voorbeelden zijn textielconstructies voor zitplaatsen; gemanipuleerde schuimen (geheugen, afwatering, enz.) en andere vullingsoplossingen; en alle **metamaterialen**, kunstmatig ontworpen materialen met eigenschappen die voortkomen uit hun interne structuur in plaats van uit hun chemische samenstelling. Metamaterialen kunnen worden verkregen via 3D-geprinte structuren en zijn bedoeld om te versterken, gewicht te verminderen en schuimbekledingsmaterialen te vervangen.

Een tweede categorie is die van **geleidende materialen**. Deze kunnen voorzien zijn van ingebouwde of geprinte schakelingen die de integratie van meubels in de bredere slimme huisinfrastructuur vergemakkelijken. Door geleidende inkt, films of printplaten op te nemen,



Implementatiemoeilijkheid: **Gemiddeld**

Economische levensvatbaarheid: **Gemiddeld tot hoog**

## Slimme functionaliteiten toegepast op de meubelsector

kunnen meubelstukken dienen als interactieve componenten, die fungeren als bedieningsinterfaces, laadstations of knooppunten voor gegevensverzameling, wat het gebruiksgemak en de betrokkenheid binnen een technologisch geïntegreerde huishoudelijke omgeving vergroot. Zo kunnen bureautafels en aanrechtbladen worden omgevormd tot bedieningsoppervlakken door geleidende eigenschappen te integreren in doorgaans niet-capacitieve materialen zoals hout of keramische platen.

Geleidbaarheid helpt ook bij het creëren van een "infrastructuur" voor sensoren en actuatoren, die een dynamische respons op aanraking geeft, zoals haptische feedback, waardoor meubels kunnen reageren op input die tastbare sensaties bieden en ervaringen in virtual reality of ontspanningssituaties kunnen verbeteren.

Ten slotte heeft de bredere groep **functionele coatings en additieven** misschien wel de interessantste kenmerken voor de meubelindustrie. Deze variëren van echt slimme materialen die een actieve en omkeerbare reactie hebben op externe prikkels, zoals faseveranderingsmaterialen, tot materialen met passieve functionaliteiten met toegevoegde waarde, zoals vingerafdrukbestendige oppervlakken.

Deze coatings en additieven kunnen substraten bescherming, decoratie en functionele verbetering bieden en voorzien in een reeks interessante eigenschappen zoals waterafstotendheid, vlekbescherming, krasbestendigheid, antistatische eigenschappen, thermochromisch gedrag, fotoluminescentie, zelfherstellende eigenschappen, licht- en temperatuurbelijning, antibacteriële eigenschappen, zachte aanraking, kleur, speciale esthetische effecten en nog veel meer.

Additieven worden vaak toegevoegd tijdens het formuleringproces om de materiaaleigenschappen te verbeteren. Slimme additieven kunnen bijdragen aan geavanceerde functies zoals temperatuurregeling en snelle droging. Faseveranderingsmaterialen (PCM's) regelen bijvoorbeeld de temperatuur in bekleding en beddengoed door omkeerbaar van toestand te veranderen om warmte op te nemen en af te geven, waardoor overver-

hitting wordt voorkomen. In stoffen geïntegreerde actieve koolstof zorgt voor geurabsorptie en snelle droging. Nanotechnologie vergroot het oppervlak van actieve koolstof, waardoor snelle vochtafvoer en verdamping mogelijk wordt.

Coatings worden aangebracht op het oppervlak van het materiaal, waar ze zich aan het substraat hechten. Vaak kunnen coatings oppervlakken zowel functionele als esthetische voordelen bieden. Een coating kan microkrassen bijvoorbeeld een waterafstotende, ultramatte, zachte afwerking en zelfherstellende eigenschappen verlenen.

- 1 *Flexibele elektronica die de functionaliteit (soft switches, sensoren) van stof, leer, fineeroppervlakken mogelijk maakt - fabrikant: Loomia* ↔
- 2 *Illustratie van mogelijke eigenschappen van een slim aanraakoppervlak (afbeelding Materially)*
- 3 *Thermochromische pigmenten en kleurstoffen door Olikrom* ↔
- 4 *Faseveranderend polyurethaanschuim thermofresh door Pelma* ↔
- 5 *Verontreiniging bindend weefselstelsel theBreath®* ↔



### Toepassing

De praktische toepassingen van slimme materialen in meubelontwerp bestrijken een breed scala aan domeinen en bieden innovatieve oplossingen die functionaliteit, comfort, esthetiek en duurzaamheid verbeteren.

In **zitplaatsen, bekledingen beddengoed** worden slimme materialen vooral gebruikt om het comfort en de ergonomie te verbeteren. Deze materialen zijn ontworpen om het lichaam te ondersteunen en gewicht efficiënt te herverdelen, of om de noodzaak van conventionele vulling te verminderen. In de beddengoedsector worden in matrassen temperatuurregulerende schuimen gebruikt die faseveranderingsmaterialen bevatten om warmte op te nemen en af te geven en een ideale slaapt temperatuur te behouden.

Nog niet breed beschikbaar maar veelbelovend voor de toekomst is de ontwikkeling van **slimme akoestische absorberende materialen**. Deze innovatieve materialen kunnen hun absorptie-eigenschappen dynamisch aanpassen aan de omringende geluidsomgeving en dragen mogelijk bij aan het creëren van een slim akoestisch interieur.

Een ander aspect van het algehele welzijn in interieurs heeft te maken met de **binnenluchtkwaliteit**. Meerlaagse producten met een sandwichstructuur bevatten

5



## Slimme functionaliteiten toegepast op de meubelsector

verborgen interne elementen die verontreinigende stoffen uit verwarmingssystemen of chemische producten vasthouden. De veelzijdigheid van deze producten maakt het mogelijk ze toe te passen in bedrijfs- en woongebouwen en draagt bij aan een gezondere leefomgeving. Ze zijn ontworpen om functionele elementen te combineren met een decoratief, aanpasbaar oppervlak en zijn geschikt als kamerverdelers, gordijnen en meubelbekleding. Slimme materialen worden ook gebruikt om **interactie** en **connectiviteit** thuis, op kantoren, in winkels en openbare omgevingen te verbeteren. Multifunctionele oppervlakken met sensoren worden toegepast op tafel- en keukenbladen om intuïtieve, aanraakgevoelige bediening voor verlichting en multimedia te bieden, waardoor technologie naadloos in alledaagse meubels wordt geïntegreerd.

In de **meubelhandel** kunnen met druksensoren uitgeruste slimme schappen de voorraad in real time bijhouden en verlichting of displayindelingen aanpassen op basis van klantbewegingen. In **openbare ruimtes** kunnen interactieve installaties (met responsieve oppervlakken of dynamische esthetiek) gebruikers op betekenisvolle wijze aanspreken en zo de omgeving verrijken.

Voor **buitenmeubels** stoten speciale coatings water en vlekken af, waardoor schoonmaken gemakkelijker wordt en de duurzaamheid verbetert. Dit is met name belangrijk in drukbezochte of blootgestelde omgevingen. Bij **keukenmeubels** vereenvoudigen water- en olieafstotende afwerkingen niet alleen het onderhoud, maar vergroten ze ook de levensduur van oppervlakken, waardoor de onderhoudskosten worden verlaagd.

In **verlichtingsontwerp** kunnen structureel ontworpen transparante slimme oppervlakken de lichttransmissie moduleren, schittering verminderen en zich dynamisch aanpassen aan verschillende verlichtingsbehoeften voor zowel woning- als bedrijfstoepassingen.

Vanuit **esthetisch** oogpunt bieden slimme materialen zowel schoonheid als functionaliteit. Vingerafdrukbestendige coatings behouden helderheid op glanzende of metalen afwerkingen, terwijl micro- of nanogestructureerde oppervlakken kleurverschuivende effecten kunnen creëren die statisch meubilair in visueel dynamische stukken veranderen.

**Duurzaamheid** is ook een belangrijk punt. Door de duurzaamheid te vergroten en de noodzaak van vervangingen te verminderen, zorgen slimme materialen voor

een lagere milieu-impact. Zelfherstellende polymeren kunnen bijvoorbeeld autonoom krassen, barsten of kleine scheurtjes repareren, waardoor de levensduur van het product wordt verlengd en afval wordt verminderd. Dit sluit aan bij de principes van de kringlooeconomie en ondersteunt duurzamere ontwerp praktijken.

In een meer futuristisch perspectief zouden **energie-oogststations** met piëzo-elektrische materialen mechanische energie van typen of beweging kunnen omzetten in elektrische energie. Deze kan vervolgens gebruikt worden om geïntegreerde apparaten te laten draaien of elektronica op te laden, waardoor energie-efficiëntie direct in de werkruimte terecht komt.

6 *Hemelbed waar interactieve functies gerelateerd aan entertainment, gezondheid en welzijn via de app (Hi-interiors) worden bediend* ⇄

7 *Desk Pad met antibacteriële coating verrijkt met grafen (Deskpad ⇄ Secondo Piano van Giulio Iacchetti voor Danish Milano, grafencoating van Directa Plus)* ⇄



### Implementatieaspecten

#### Implementatiemoeilijkheid: Gemiddeld

Het integreren van slimme materialen in meubelontwerp vereist expertise in materiaalkunde en -techniek. Fabrikanten moeten investeren in onderzoek en ontwikkeling om de eigenschappen en het gedrag van deze geavanceerde materialen volledig te begrijpen. Het aanpassen van productieprocessen, het waarborgen van duurzaamheid en het handhaven van de veiligheid van gebruikers kan een uitdaging zijn. Hoewel sommige oplossingen direct toepasbaar zijn, vereisen andere extra productiestappen. Geleidende materialen, vaak onderdeel van grotere systemen, vereisen zorgvuldige integratie met IoT- en huisbesturingstechnologieën om naadloze communicatie en functionaliteit te garanderen.

#### Economische levensvatbaarheid: Gemiddeld tot hoog

De kosten voor het integreren van slimme materialen zijn meestal hoger vanwege de onderzoeks- en ontwikkelingskosten en materiaalkosten. In veel gevallen is het prijsverschil in het eindproduct echter niet zo groot (bijvoorbeeld: vingerafdrukbestendige, repareerbare nano-oppervlakken versus standaard laminaat). Boven-



dien wordt verwacht dat naarmate de technologie vordert en de productie opschaaft, de kosten zullen dalen, wat de economische haalbaarheid verbetert.

Tot slot kunnen slimme oplossingen zoals RFID voor logistiek op de lange termijn hun vruchten afwerpen.

### ■ Menselijke factoren

De integratie van slimme materialen in meubelontwerp heeft een aanzienlijke impact, niet alleen op de eindgebruikers maar ook op het personeel dat bij de productie betrokken is.

Voor gebruikers betekenen meubels die zich aanpassen aan individuele behoeften meer comfort en betere ergonomie, wat leidt tot een beter welzijn en tevredenheid. Kenmerken zoals zelfherstellende oppervlakken en gemakkelijk schoon te maken coatings verminderen onderhoudsinspanningen en dragen bij aan een betere gebruikerservaring.

Deze functies zijn intuïtief, waardoor ze moeiteloos door gebruikers kunnen worden overgenomen.

De toenemende integratie van communicatietechnologieën in ons dagelijks leven zal waarschijnlijk zorgen voor een groter aanbod van slimme, verbonden meubels en domotische interieurs. De introductie van ingebouwde elektronica en sensoren kan echter ondersteuning vereisen om effectief en veilig gebruik te garanderen.

Bij het evalueren van de integratie van slimme materialen is het belangrijk te erkennen dat de meubel- en stofferingssector van oudsher conservatief is, en dat gebruikers moeite kunnen hebben met de complexiteit of veranderingen in hun gebruikelijke omgang met voorwerpen.

Het toepassen van gebruikersgerichte ontwerpbeginzelen kan deze overgang vergemakkelijken en bredere acceptatie bevorderen.

Samenwerking tussen ontwerpers, ingenieurs en productiepersoneel wordt steeds belangrijker om ervoor te zorgen dat de implementatie van slimme materialen aansluit bij de ontwerpintenties en productiecapaciteiten.

Voor werknemers in de sector vereist de toepassing van slimme materialen bijscholing om met nieuwe materialen en technologieën om te gaan.

Trainingsprogramma's moeten technische kennis en samenwerkings- en veiligheidsaspecten behandelen, waardoor een gedeeld begrip tussen afdelingen wordt bevorderd.

Daarnaast moeten de veiligheidsprotocollen op de werkplek mogelijk worden bijgewerkt om eventuele nieuwe gevaren die met deze materialen gepaard gaan, aan te pakken.

Vroege betrokkenheid van werknemers, de integratie van nieuwe, meer digitale profielen en duidelijke communicatie over het doel en de voordelen van slimme materialen kunnen de weerstand verminderen en de betrokkenheid bij het transformatieproces vergroten.

### ■ Omgevingsfactoren

Over het algemeen maken de meeste slimme materialen gebruik van schaarsere materialen en zijn ze complexer te produceren. Er zijn meer energie en grondstoffen voor nodig, wat vaak resulteert in een grotere ecologische voetafdruk dan bij conventionele materialen. Vanwege hun ingewikkelde samenstelling, zoals het gebruik van chemische additieven, coatings, of hun status als nichematerialen zoals vormgegevenlegeringen, zijn veel slimme materialen momenteel niet compatibel met gevestigde recyclingstromen. Geleidende materialen die worden gebruikt om elektronica te integreren, maken deel uit van complete systemen en bestaan uit meerdere componenten zoals printplaten, aan flexibele achterkanten bevestigde draden, gesoldeerde verbindingen, lijmen, stiksels en isolatielagen, wat recycling nog ingewikkelder maakt.

Bovendien kunnen producten die dergelijke elektrische of elektronische componenten bevatten worden geclassificeerd als WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) en moeten ze mogelijk als zodanig worden gescheiden, behandeld en afgevoerd.

Aan de andere kant kunnen sommige slimme materialen helpen het energieverbruik en de operationele koolstofuitstoot van woningen te verminderen, bijvoorbeeld door matrassen via PCM een frisser gevoel te geven zonder airconditioning, maar de algehele balans moet worden gecontroleerd.

Het uitvoeren van een levenscyclusanalyse (LCA) kan waardevolle inzichten bieden in de algehele impact van winning, productie, afvoer en energieverbruik die samenhangen met elk specifiek slim materiaal.

### ■ Afstemming op certificeringen en regelgeving

Er zijn momenteel geen specifieke regels voor slimme materialen in meubels. Producten moeten echter voldoen aan de richtlijnen voor algemene veiligheid (GPSR), chemische (REACH, RoHS) en elektrische richtlijnen (LVD, EMC) als elektronica geïntegreerd is. Standaardisatieorganisaties zoals **ISO**, **CEN**, **IEC** en **ASTM** ontwikkelen kaders voor slimme systemen in andere sectoren, die zich kunnen uitbreiden tot meubels. Ontwerpers moeten materiaalveiligheid, duurzaamheid en de milieu-impact beoordelen en zorgen voor naleving bij het toevoegen van sensoren, verlichting of functies voor het oogsten van energie.

## Slimme functionaliteiten toegepast op de meubelsector



### Oplossingen



#### Roosters en schuimmaterialen (Engineered Structures)

*EcoLattice*

*Verenigd Koninkrijk, India* ↔

Aanpasbare rooster- en schuimstructuren die worden gecreëerd via geavanceerde additieve productieprocessen waarbij gerecyclede TPU wordt gebruikt. Afhankelijk van het type polymeer dat wordt gebruikt, kunnen deze lichte en ademende structuren flexibel of stijf, hard of zacht zijn, en hun complexe structuur kan ook bijdragen aan geluidsabsorptie. Toepassingen omvatten demping, bekleding voor meubelaccessoires en verlichting.



#### Touch surface (geleidend)

*Loxone*

*Oostenrijk, Global* ↔

Touch surface is een onzichtbare knop waarmee aanraakbedieningselementen direct in harde meubels en oppervlakken kunnen worden geïntegreerd en zo werkbladen, tafels en andere binnen- en buitenoppervlakten kunnen transformeren tot slimme elementen voor het bedienen van huisautomatiseringsfuncties zoals licht, geluid, schaduw, verwarming en koeling.



#### Aangepaste slimme textiel (geleidend)

*Embro GmbH*

*Duitsland* ↔

Op maat gemaakte slimme textiel, vervaardigd met borduurtechnologie om elektrische geleiders te integreren in textielsubstraten. Toepassingen omvatten druk- en bewegingssensoren, verwarmingselementen, leds en aanraakinterfaces, waardoor textiel geschikt is voor gebruik in meubels en andere sectoren



#### Tempotest Home® (Functionele coatings en additieven)

*Parà*

*Italië* ↔

Meubelstoffen met uv-bestendige, waterafstotende afwerking die ook het verwijderen van olierijke stoffen vergemakkelijkt. Onlangs is de afwerking geüpdatet en is nu vrij van per- en polyfluoralkylstoffen (PFAS), die momenteel door het REACH-programma onder de loep worden genomen om in de EU te beperken.



#### Temperatuurregulerende slimme textiel (Functionele coatings en additieven)

*Outlast Technologies GmbH*

*Duitsland* ↔

Geavanceerde slimme textiel met micro-ingekapselde faseveranderingsmaterialen (PCM's) die proactief warmte en vocht reguleren. Deze technologie werd oorspronkelijk ontwikkeld voor NASA Overtollige lichaamswarmte wordt geabsorbeerd en opgeslagen, waardoor een stabiel microklimaat wordt behouden. Studies wijzen op een mogelijke vermindering van zweten tot wel 48%, wat leidt tot een rustigere slaap.



## Voorbeelden



### Arper

*Italië*



Het essentiële ontwerp van de tafel wordt verder benadrukt door Fenix, een ultramat oppervlak dat het tafelblad bedekt. Het laminaat combineert een reeks kenmerken die reageren op de visuele zintuigen (reflectie bij weinig licht, ultramatte uitstraling), haptiek (zachte aanraking) met onderhoudsarme eigenschappen (waterbestendige, vingerafdrukbestendige afwerking) en de mogelijkheid tot thermische herstelling van oppervlakkige microkrassen.



### TPBtech

*Australië*



Een multifunctioneel oppervlak met een onzichtbare inductiekookplaat. Het zeer resistente porselein-keramische oppervlak is voorzien van een warmteafvoerende aluminiumlaag en bevat een aanraakgevoelig besturingssysteem dat is ingebouwd in het oppervlak van de inductiekookplaat. Het kan worden gebruikt als snij-, kook- en opdienoppervlak en kan ook een tafelblad worden.



### Cassina

*Italië*



Het bed is uitgerust met materialen die het welzijn bevorderen. Luchtzuivering wordt bereikt door het gebruik van de Breath-stof®, een gepatenteerde technologie die verontreinigingen opvangt en afbreekt om de natuurlijke circulatie van schone lucht te bevorderen; terwijl akoestisch comfort wordt bereikt door Soundfil-geluidsabsorberende® panelen, gemaakt van een gerecycled, hygiënisch materiaal dat vibratiegeluiden kan verminderen.



### Bauformat

*Duitsland*

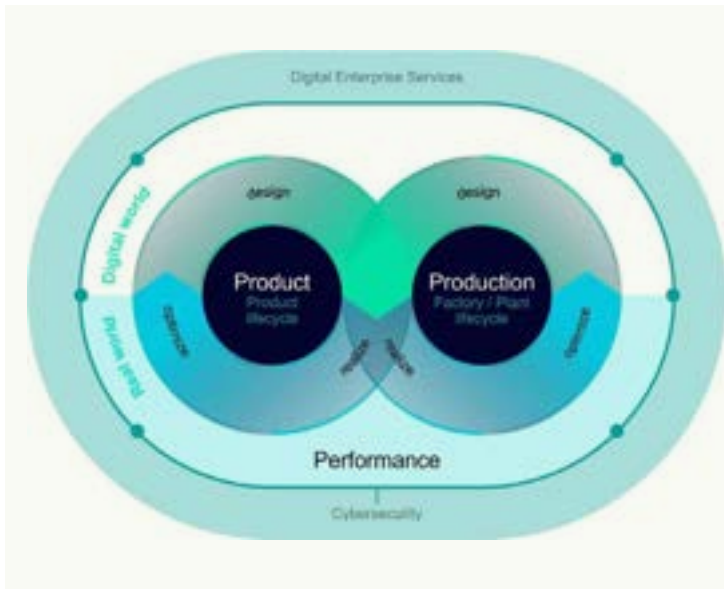


De keukenfabrikant gebruikt slimme materialen zoals zelfherstellende oppervlakken, thermoreactieve laminaten en antimicrobiële afwerkingen. Deze materialen reageren op prikkels zoals temperatuur en vochtigheid, wat de duurzaamheid en hygiëne van keukenmeubels verbetert. Daarnaast integreren ze technologieën zoals geautomatiseerde verlichting en intelligente opslagoplossingen, waardoor de functionaliteit en efficiëntie van de culinaire ruimte worden geoptimaliseerd.

Slimme productontwikkelingsprocessen door de toepassing van digitaalrekeningtechnologieën



1



2



Implementatiemoeilijkheid: **Gemiddeld**Economische levensvatbaarheid: **Hoog**

## Slimme productontwikkelingsprocessen door de toepassing van digitaal tweelingtechnologieën



### Beschrijving

Bedrijven staan of vallen met hun vermogen om nieuwe producten te ontwikkelen en te lanceren. Tegen deze achtergrond proberen bedrijven hun ontwikkelingsmogelijkheden voor digitale producten te verbeteren, waarbij ze deze technologieën zien als een manier om ontwerp- en engineeringcycli te versnellen en kosten te besparen door R&D-procesoptimalisatie.

Digitale productontwikkelingsbenaderingen ontwikkelen zich ook snel, voortbouwend op vooruitgang in rekenkracht, analysemethoden en kunstmatige intelligentie. Deze hebben geleid tot de opkomst van digitale tweelingen (DT's): digitale replica's van huidige of toekomstige producten die alle kenmerken van hun fysieke tegenhangers kunnen simuleren. Interactie met of het aanpassen van een product in een virtuele ruimte kan sneller, makkelijker en veiliger zijn dan in de echte wereld.

#### 1 Flexibele en efficiënte productie (SRC ↔)

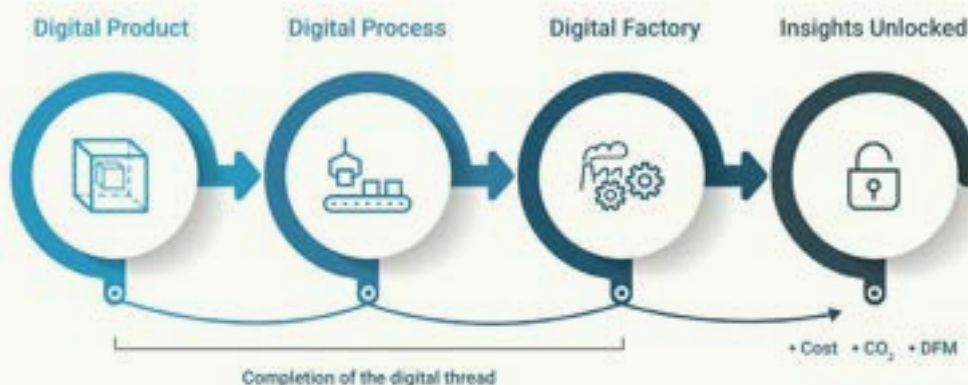
Leiders op het gebied van productontwikkeling verwachten dat de productontwikkelingsprocessen sneller zullen gaan en de resultaten beter zullen worden, terwijl de kosten juist omlaag zullen gaan. Het implementeren van de DT's in de meubelindustrie **verbetert het ontwerp en prototypes door virtuele replica's van producten te creëren**, waardoor fabrikanten ontwerpen kunnen testen en verfijnen, wat afval vermindert en de ontwikkeling versnelt. Door realtime gegevens van IoT-apparaten en sensoren te integreren, optima-

liseren DT's **productieprocessen**, waardoor predictief onderhoud mogelijk wordt en stilstand wordt geminimaliseerd. Ze kunnen ook **scenario's simuleren en voorspellen**, waardoor bedrijven problemen kunnen voorzien en verschillende oplossingen kunnen beoordelen voordat ze in de praktijk veranderingen doorvoeren. Daarnaast bevorderen DT's **duurzaamheid** dankzij minder materiaal- en energieverbruik via efficiënte virtuele tests en optimalisatie.

Een bedrijf met een robuust digitaal tweelingplatform daarentegen kan uitgebreide simulaties voor het volledige product uitvoeren in een virtuele omgeving voordat een voorgesteld ontwerp door de klant wordt goedgekeurd. Omdat complexe machines doorgaans een combinatie van bestaande en nieuw ontworpen elementen gebruiken, kunnen bedrijven een bibliotheek van digitaal tweelingmodellen van belangrijke componenten bijhouden, die worden gecombineerd met modellen van nieuwe onderdelen om de volledige digitale tweeling te creëren. Die tweeling kan worden gebruikt om de voorgestelde oplossing aan klanten te demonstreren en te verifiëren dat het nieuwe ontwerp aan hun behoeften voldoet. En de digitaal tweelingmodellen van de nieuwe componenten kunnen vervolgens aan de bibliotheek worden toegevoegd, waardoor ze beschikbaar zijn voor toekomstige projecten met vergelijkbare eisen.<sup>2</sup> **Gegevensanalyseprocessen binnen DT's (SRC ↔)**

DT's voorzien meubelfabrikanten dus in een krachtige tool om de ontwerpprecisie te verbeteren, de productie te stroomlijnen, klanten te engageren en milieubewustheid te bevorderen. Het omarmen van deze technolo-

### Connecting Digital Twins = Seamless Digital Thread



## Slimme productontwikkelingsprocessen door de toepassing van digitaal tweelingtechnologieën

gie positioneert bedrijven om te gedijen in een steeds competitievere en milieubewustere markt.

Toch is het bouwen van een digitaal tweelingplatform niet zo eenvoudig als het zou kunnen zijn. Dat betekent dat een succesvol digitaal tweelingprogramma een inspanning op het gebied van verandermanagement is, die toewijding en ondersteuning van het senior management vereist, evenals een sterk programma-managementteam om mijlpalen bij te houden, nieuwe processen te ontwikkelen en de toepassing ervan door de organisatie te ondersteunen.

**3** *Digitale routekaart van fabrikanten & fabrieken (SRC ⇌)*  
Om deze mogelijke obstakels te overwinnen, kunnen bedrijven een gefaseerde aanpak hanteren voor de toepassing van digitale tweelingen. De eerste drie fasen behandelen de technologische uitdagingen van platformkeuze, architectuurontwerp en integratie: **Competitive Intelligence and Scoping**, waarbij de organisatie beschikbare oplossingen beoordeelt en hun potentiële waarde inschat; **Architecture Design & Software Stack Definition**, waarbij de benodigde softwarecomponenten worden geselecteerd en de systeemarchitectuur worden gedefinieerd; en **Software Development**, waar de organisatie de processen en capaciteiten ontwikkelt die nodig zijn om haar digitaal tweelingplatform te bouwen, te integreren en te lanceren. Vervolgfases richten zich op de organisatorische transformatie die nodig is om nieuwe processen en werkpraktijken te ondersteunen.



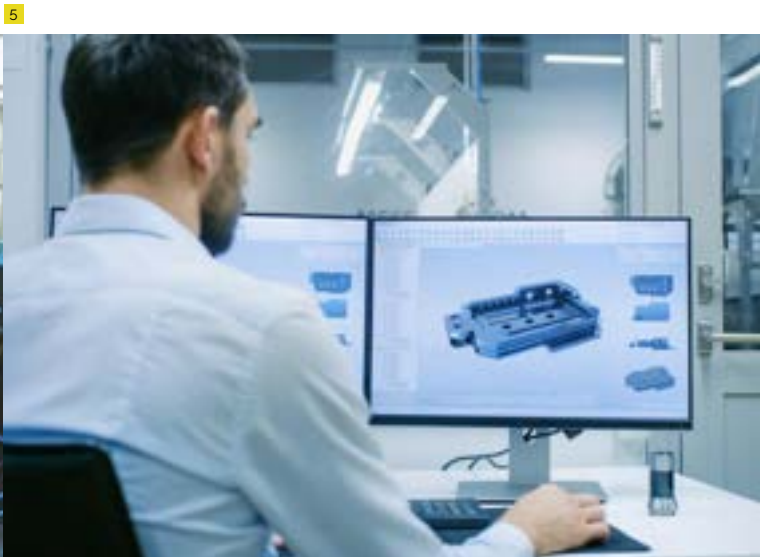
### Toepassing

DT's in de meubelsector kunnen op verschillende manieren worden toegepast, afhankelijk van de specifieke behoeften van fabrikanten, ontwerpers en zelfs eindgebruikers. Ze hebben de capaciteiten om **de meubelindustrie te revolutioneren** door productie slimmer te maken, klantervaringen te verbeteren, productontwerp te optimaliseren en duurzaamheid te bevorderen. Hieronder volgen enkele belangrijke toepassingen die kunnen worden ingezet, allemaal gecategoriseerd naar hun doel:

#### Toepassing van slimme productie en procesoptimalisatie

DT's kunnen meubelproductieprocessen simuleren en optimaliseren om afval te verminderen, de efficiëntie te verbeteren en mogelijke storingen in machines te voorspellen. Met dit in gedachten zou een meubelfabriek een DT van haar productielijn kunnen integreren om realtime prestaties te analyseren en knelpunten te detecteren in verschillende processen zoals snijden, assemblage of lakken (onder andere). Hiervoor is het essentieel om IoT-sensoren te gebruiken om het grondstoffenverbruik en de machineprestaties te bewaken, zodat storingen worden voorkomen voordat ze optreden. Daarnaast helpt de implementatie van door AI aangestuurde simulaties bij aan afvalvermindering door efficiëntere snijpatronen voor houten panelen voor te stellen. Deze toepassing kan leiden tot 15-30% minder materiaalverspilling en een verbetering van 10-20% in de productiesnelheid door realtime gegevensanalyse en predictief onderhoud.

**4** *Toepassing van slimme productie en procesoptimalisatie*



### Toepassing virtuele prototypes en aanpassing

DT's stellen meubelontwerpers en klanten in staat virtuele prototypes te maken, verschillende configuraties te testen en meubels te personaliseren voordat ze fysiek worden geproduceerd. Met dit in gedachten kan een bedrijf dat gespecialiseerd is in kantoormeubilair een netwerk creëren van aanpasbare bureaus en stoelen, waarmee klanten in een virtuele omgeving afmetingen, materialen en kleuren kunnen aanpassen. De DT simuleert vervolgens ergonomie op basis van gebruikersgegevens, zodat het meubilair zich vóór productie aanpast aan de behoeften van de eindgebruiker. De VR/AR-module maakt realtime visualisatie mogelijk van hoe het aangepaste meubilair eruit zal zien in een kantoor- of thuisomgeving. Deze toepassing kan leiden tot een kortere productontwikkelingscyclus door fysieke prototypes te verminderen en tot een hogere klanttevredenheid met gepersonaliseerde ontwerpen en ergonomische validatie.

5 Toepassing voor virtuele prototypes & aanpassing

### Toepassing voor predictief onderhoud

DT's kunnen de prestaties van slimme of industriële machines in real time bewaken en onderhoudsbehoeften voorspellen. Een bedrijf dat slimme werkstations produceert, kan bijvoorbeeld sensoren in zijn productiecellen opnemen om gebruikspatronen, structurele integriteit en motortrillingen te volgen. De DT analyseert deze gegevens om tekenen van slijtage te detecteren, zodat voorspeld kan worden wanneer specifieke componenten onderhoud nodig hebben of vervangen moeten worden. Deze proactieve aanpak helpt facility managers om problemen aan te pakken voordat storingen optreden, waardoor onverwachte stilstand wordt verminderd en de onderhoudskosten worden verlaagd.

6 Kernconcept van onderhoud door sensoren (SRC ↔)

### Duurzaam materiaalvolgstelsel & kringlooeconomie

Met DT's kunnen materialen gedurende de hele meubellevenscyclus worden gevolgd en ze ondersteunen duurzame productie en initiatieven voor de kringlooeconomie. Als voorbeeld hiervan kan een duurzaam meubelmerk zijn dat DT's van al zijn producten maakt, waarbij het de herkomst van hout, stoffen en metalen onderdelen wordt bijgehouden. Daarnaast, en met de nadruk op IoT-technologie-integratie, mogen gebruikers controleren hoe recyclebaar elk onderdeel is en wanneer het meubilair het einde van zijn levenscyclus bereikt, stelt de digitale tweeling voor om specifieke onderdelen te hergebruiken of te recyclen, om afval te voorkomen. Deze toepassing kan leiden tot ondersteuning van milieuvriendelijke ontwerp- en duurzaamheidsdoelstellingen en het mogelijk maken van meubelmodellen als een dienstverlening, waarbij klanten onderdelen kunnen upgraden in plaats van volledige producten te vervangen.

7 Concept Digitaal Productpaspoort (SRC ↔)

Figure 1: Evolution of maintenance





### Implementatieaspecten

#### ■ Implementatiemoeilijkheid: Gemiddeld

De toepassing van DT's in duurzame productie biedt aanzienlijke voordelen, maar brengt ook uitdagingen met zich mee. Belangrijke obstakels zijn het integreren van productie- en duurzaamheidsindicatoren in een uniform model, wat op gegevens gebaseerde beslissingen mogelijk maakt waarbij efficiëntie en milieuverantwoordelijkheid in balans worden gebracht. Daarnaast zijn schaalbaarheid en arbeidsparaatheid cruciaal, omdat bekwaame werknemers en kosteneffectieve training nodig zijn, die DT's via virtuele simulaties kunnen faciliteren. Fabrikanten worden ook geconfronteerd met de complexiteit van het verbinden van elk proces en elke machine, naast de zorgen over gegevensnauwkeurigheid, -beveiliging en -privacy.

Om deze hindernissen te nemen, kan een geleidelijke aanpak die begint met processimulatie en schaalvergroting in de loop van de tijd, het risico verminderen. Bovendien is het bevorderen van een innovatiecultuur en het bijscholen van werknemers essentieel voor een succesvolle implementatie. Gegevensintegratie en interoperabiliteit over diverse systemen en verouderde apparatuur blijven een aanzienlijke uitdaging voor de volledige DT-implementatie.

#### ■ Economische levensvatbaarheid: Hoog

Het implementeren van digitaal tweelingtechnologie (DT) vereist een aanzienlijke initiële investering in sensoren, IoT-apparaten, software, infrastructuur en geschoold personeel, wat een toegangsdrempel kan vormen. Ondanks hoge initiële kapitaalkosten (CAPEX) zorgen operationele kostenbesparingen, verbeterde efficiëntie en omzetgroei op de langere termijn vaak tot een sterk rendement op investering (ROI). Focussen op gebieden als assetoptimalisatie, predictief onderhoud en operationele efficiëntie is essentieel om de waarde van digitaal tweelingtechnologie te maximaliseren.

De toepassing van digitaal tweelingtechnologie in de productie blijft beperkt tot **grote ondernemingen** met voldoende financiële en technische hulpbronnen. De complexiteit en schaal van de implementatie maken het voor kleine en middelgrote ondernemingen (mkb) uitdagend om DT's effectief te implementeren. Hoewel de simulatiemogelijkheden en verbeteringen in productiebeheer die DT's bieden aanzienlijk zijn, laat het huidige marktlandschap zien dat hun brede gebruik nog steeds geconcentreerd is bij marktleiders.

#### ■ Menselijke factoren

Voor de invoer van digitaal tweelingtechnologie zijn vaak organisatorische veranderingen en een culturele transformatie nodig. Weerstand tegen verandering, digitale ongeletterdheid of niet goed weten wat de voordelen zijn, kunnen succesvolle implementatie belemmeren. Om continuïteit te waarborgen, moeten werknemers zich bijscholen en de digitale kloof overbruggen zonder de bedrijfsvoering te verstoren.

DT's moeten daarom niet worden begrepen als vervangers van werknemers, maar als facilitators van intelligentere en taken met toegevoegde waarde. Nieuwe loopbaantrajecten ontstaan op het raakvlak van samenwerking tussen mens en machine, zoals operators van digitale tweelingen, procesintelligentieanalisten en XR-simulatieontwerpers. Werknemers stappen over van traditionele operators naar medeontwikkelaars in hybride omgevingen, verantwoordelijk voor het toezicht op automatisering, het nemen van beslissingen op basis van gegevens en het verfijnen van processen.

Samenvattend is de fabriek van de toekomst niet bedoeld om mensen te vervangen, maar om hun capaciteiten te verbeteren. Terwijl machines routinetaken uitvoeren, krijgen menselijke arbeiders een centrale rol toebedeeld in het begeleiden, aanpassen en verbeteren van intelligente systemen. De uitdaging ligt in het uitrusten van mensen met de juiste vaardigheden, mentaliteit en ondersteuningssystemen om zich in deze augmented reality op het werk op hun gemak te voelen.

#### ■ Omgevingsfactoren

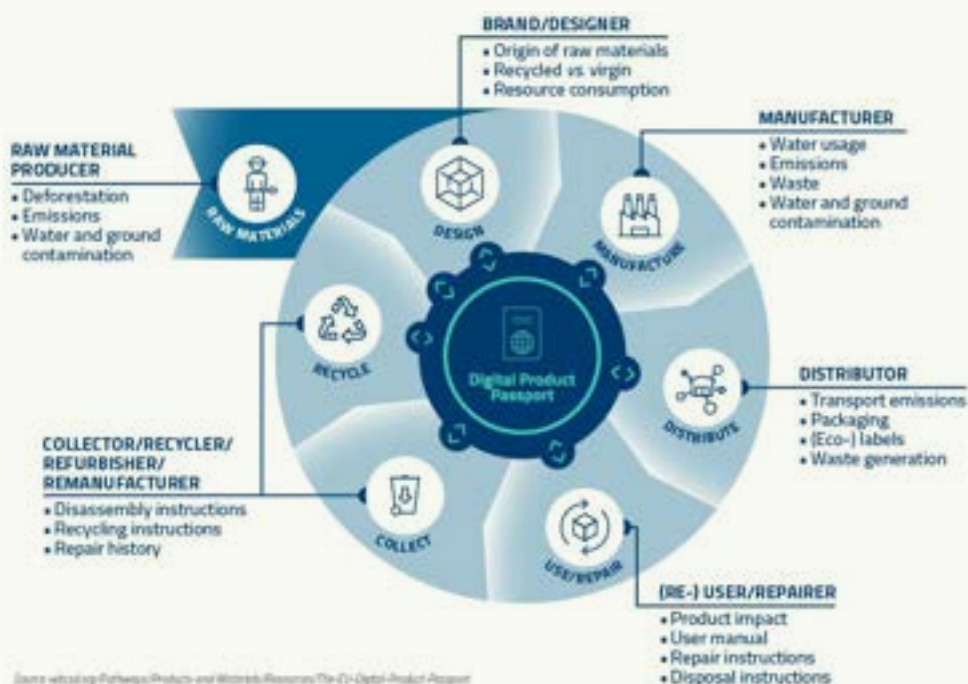
De implementatie van DT's vermindert de ecologische voetafdruk door het energieverbruik te optimaliseren, afval te minimaliseren en de efficiëntie in meubelproductie te verbeteren, omdat ze vooral kunnen worden gebruikt om productieprocessen te simuleren die leiden tot besparing van energie en hulpbronnen, afvalpreventie, minder fysieke tests en het optimaliseren van logistieke routes, waardoor de CO<sub>2</sub>-uitstoot en de milieu-impact worden verlaagd. Daarnaast kunnen DT's worden gezien als een facilitator voor predictief onderhoud, het verlengen van de levensduur van apparatuur en het verminderen van onnodige interventies. Door al deze toepassingen van DT's kan de milieu-impact aanzienlijk afnemen, waardoor de fabrikantprocessen worden afgestemd op milieuspecificaties en -regulering.

Daarnaast moeten bij het implementeren van een DT in de productie met verschillende ecologische factoren rekening worden gehouden. Deze omvatten het energieverbruik van gegevensverwerking en hardware, het energie- en waterverbruik van datacentra en infrastructuur, en het gebruik van hulpbronnen (gebruik van schaarse materialen), met name wat betreft materiaalefficiëntie en e-waste. Daarnaast moeten fabrikanten zich richten op het optimaliseren van de duurzaamheid van de toeleveringsketen, het efficiënt beheren van gegevensopslag en het waarborgen dat de DT bijdraagt aan afvalvermindering en energieoptimalisatie in de productie. Naleving van regelgeving inzake milieu, levenscyclusbeoordelingen en de toepassing van criteria voor eco-ontwerp zijn ook belangrijke overwegingen om de milieu-impact van de DT te minimaliseren.

Een ander aspect is de connectiviteit via Internet of Things (IoT)-apparaten, cloudcomputing en realtime gegevensanalyse. De productie en het onderhoud van sensornetwerken die worden gebruikt om telemetriegegevens te verzamelen, zoals versnellingsmeters, thermische sensoren en RFID-tags, hebben een milieu-impact op materiaal en energie. Deze apparaten maken vaak gebruik van zeldzame aardmetalen, lithiumbatterijen en gespecialiseerde halfgeleiders, waarvan de winning en verwerking aanzienlijk bijdragen aan broeikasgasemissies, **energieverbruik**, watervervuiling en giftig afval, **en in het algemeen bij levensduureinde moeilijk te recycleren zijn.**

### ■ Afstemming op certificeringen en regelgeving

Het implementeren van een DT in een fabriek vereist naleving van uiteenlopende regelgeving en normen met betrekking tot gegevensbeveiliging (ISO/IEC 27001, IIC Security Framework), privacy (GDPR), cyberbeveiliging (NIST), interoperabiliteit (IEC 62264 / ISA-95), milieu-impact (Overeenkomst van Parijs & netto-nuldoelstellingen, ISO 14001) en branchespecifieke eisen (CCPA, AI Act, ISO 50001). Deze regels en normen zijn cruciaal voor het waarborgen van gegevensprivacy, cyberbeveiliging, energie-efficiëntie en duurzame productiepraktijken.



## Slimme productontwikkelingsprocessen door de toepassing van digitaal-tweelingstechnologieën



### Oplossingen



#### Digitale tweeling voor productie

TWINZO

Slowakije ↔

Twinzo is een mobielgericht, realtime 3D-platform voor digitale tweelingen dat is ontworpen om uitgebreide overzichten te bieden in productie- en logistieke operaties. Het stelt gebruikers in staat om live digitale replica's te maken van faciliteiten (fabrieken, magazijnen of hele steden) die IoT-sensorgegevens, RTLS (Real-Time Location Systems) en operationele statistieken integreren in een interactieve 3D-omgeving die toegankelijk is via smartphones, tablets of desktops.



#### Digitale tweeling voor productie

Siemens

Duitsland ↔

Siemens Xcelerator is een uitgebreid digitaal bedrijfsplatform dat bedrijven helpt productontwerp, productie en activiteiten te stroomlijnen door middel van een krachtige combinatie van software, hardware en diensten. Voor de meubelindustrie maakt het de creatie van gedetailleerde digitale tweelingen voor producten en productielijnen mogelijk, ondersteunt het maatwerk- en modulaire ontwerpen, en biedt het tools voor fabriekssimulatie, IoT-integratie en laag-code app-ontwikkeling. Met oplossingen zoals Teamcenter voor PLM, Tecnomatix voor procesoptimalisatie en Mindsphere voor slimme fabrieksinzichten, stelt het meubelfabrikanten in staat om efficiëntie te verbeteren, afval te verminderen en innovatie van concept tot klant te versnellen.



#### Digitale tweeling voor productie

Microsoft

Verenigde Staten ↔

Azure Digital Twins is een platform van Microsoft dat het mogelijk maakt om uitgebreide digitale modellen van echte omgevingen te creëren, zoals gebouwen, fabrieken of volledige toeleveringsketens. Het maakt gebruik van een open modelleertaal (DTDLE) om entiteiten, relaties en gedragingen te definiëren, wat het ideaal maakt voor het simuleren van complexe systemen in real time. In de context van sectoren zoals meubelproductie of -verkoop kan het alles modelleren, van fabrieksworkflows tot winkelindelingen, activa bijhouden met IoT-gegevens en slimme analyses aansturen voor optimalisatie en duurzaamheid. Diep geïntegreerd met het Azure-ecosysteem ondersteunt het schaalbare, veilige en intelligente digitaal-tweelingoplossingen.



#### Digitale tweeling voor productie

Bentley's Systems

Verenigde Staten ↔

Bentley's iTwin Platform staat vooral bekend om infrastructuur en engineering, maar biedt ook krachtige tools voor het modelleren en simuleren van industriële en productieomgevingen. Het maakt het mogelijk om rijke, realtime digitale tweelingen te creëren die ontwerpgegevens (uit BIM/CAD), sensorfeeds en operationele systemen in één verbonden weergave samenbrengen. Voor productie betekent dit dat u tijdens de hele levenscyclus van activa fabrieksinzichten kunt visualiseren, de prestaties van apparatuur kunt bewaken, processen kunt simuleren en activiteiten kunt optimaliseren. Met sterke ondersteuning voor reality modeling en integratie met IoT-platforms helpen de digitale tweeling van Bentley de betrouwbaarheid van activa, workflowefficiëntie en besluitvorming op basis van gegevens in complexe productieomgevingen te verbeteren.



#### Digitale tweeling voor productie

PTC INC

Verenigde Staten ↔

ThingWorx, ontwikkeld door PTC, is een robuust industrieel IoT- en digitaal-tweelingplatform ontworpen om fysieke activa en activiteiten te koppelen, analyseren en optimaliseren. Het stelt fabrikanten in staat om realtime digitale weergaven te maken van producten, machines of volledige productielijnen, waarbij gegevens van sensoren, systemen (zoals ERP/PLM) en gebruikersinvoer worden gecombineerd. ThingWorx blinkt uit in het ondersteunen van predictief onderhoud, bewaking op afstand en prestatieoptimalisatie, vooral in productieomgevingen. Het integreert ook met Vuforia voor augmented reality, waardoor gebruikers op immersive wijze met digitale tweelingen kunnen communiceren; ideaal voor training, probleemoplossing of aangepaste productvisualisatie. De flexibiliteit en laag-code tools maken het een sterke keuze voor bedrijven die digitale transformatie binnen engineering en bedrijfsvoering willen versnellen.



#### Circularise

Circularise

Nederland ↔

Op blockchain gebaseerd platform om materiaalherkomst, levenscyclus en recyclebaarheid te traceren voor de kringloopproductie.

**B SOLID Digitale replica  
simulatiesoftware voor CNC**

BIESSE

Italië ↔

B-SOLID geeft gebruikers inzicht in hun CNC-machine door een digitale tweeling te creëren, waarmee ze een bewerkingprogramma voor elk specifiek project kunnen ontwerpen, een realistische 3D-simulatie van die taak kunnen uitvoeren, de bewerkingssnelheid kunnen verifiëren, de toolkeuze kunnen controleren en de voltooiingstijd van de klus kunnen inschatten. Door een botsingscontrole in de virtuele omgeving uit te voeren, kunnen contacten tussen machineonderdelen worden gemarkeerd, waardoor botsingen tussen de machinekop en de werktafel worden voorkomen.

**Digitaal tweelingsoftware voor CNC-machines**

SIEMENS

Duitsland ↔

Siemens NX, gecombineerd met Sinumerik One, maakt de ontwikkeling mogelijk van een echte digitale tweeling van het CNC-systeem, die het gedrag van werktuigmachines nauwkeurig simuleert. Deze geavanceerde technologie is door CMS (onderdeel van de SCM Group) overgenomen in zijn hybride CMS Kreator-platform. Door gebruik te maken van de digitale tweeling kan CMS vóór fysieke uitvoering toolpaths valideren, botsingen voorkomen en productieprocessen optimaliseren. Het systeem bevat ook MindSphere en edgecomputing voor realtime bewaking en predictief onderhoud. Deze aanpak is bijzonder waardevol voor fabrikanten van houtbewerkingsmachines, omdat het helpt om de tijden voor inbedrijfstelling te verkorten en de algehele operationele efficiëntie te verbeteren.

**Duurzaam meubelontwerp  
via digitale tweelingen**

AMUEBLA

Spanje ↔

In het AMUEBLA-project, ontwikkeld met SANCAL en AIDIMME, worden digitale tweelingen gebruikt om regelgeving en duurzame ontwerpen te valideren voordat met de fysieke productie wordt gestart. Dit geval is een sterk voorbeeld van hoe digitaal tweelingstechnologie compliance- en duurzaamheidsdoelen in de meubelindustrie ondersteunt.

**Dassault Systèmes DELMIA**

Dassault Systèmes

Frankrijk ↔

Maakt geavanceerde productiesimulatie en -optimalisatie mogelijk, waardoor meubelfabrikanten de productie stroomlijnen, hulpmiddelen beheren en stilstand verminderen.

**SAP Predictive Asset Insights**

SAP

Duitsland

Voorspelt de onderhoudsbehoeften van slimme meubels met behulp van IoT en door machinaal leren te analyseren.

**Autodesk Configurator 360**

Autodesk

Verenigde Staten ↔

Webgebaseerd 3D-configuratorplatform voor het creëren van aanpasbare meubelmodellen met integratie van parametrisch CAD-ontwerp.

**TopSolid Wood**

TopSolid

Frankrijk ↔

TopSolid Wood is een geïntegreerde CAD/CAM-software die is afgestemd op de houtindustrie, waardoor end-to-end projectmanagement van ontwerp tot productie mogelijk is. De software biedt onbeperkte 3D-modellering, aanpasbare bewerkingfuncties en naadloze integratie met CAM- en snijoptimalisaties, wat de productiviteit voor houtbewerkingsprofessionals en fabrikanten verhoogt.

## Slimme productontwikkelingsprocessen door de toepassing van digitaal tweekingstechnologieën



### Voorbeelden



**Twinzo**  
*Slowakije*



Digitale tweeking voor magazijnbeheer: Logistieke operators bewegen zich door de faciliteit, op zoek naar materialen die moeten worden geleverd of lege verpakkingen die van de lijn moeten worden gehaald, vaak willekeurig of volgens vooraf gedefinieerde cycli. Deze praktijk leidt vaak tot inactieve periodes in de dagelijkse productie door materiaaltekorten, wat leidt tot cumulatieve stilstand. Daarnaast is er een veelvoorkomend probleem van ongelijk gebruik van bestuurders, waarbij sommige operators overbelast zijn terwijl anderen zich bezighouden met niet-productieve activiteiten zoals surfen op sociale media.



**Siemens**  
*Duitsland*



De sector transformeren voor morgen: DMG MORI, een toonaangevende wereldwijde fabrikant van werktuigmachines, biedt de eerste end-to-end digitale tweeking van een werktuigmachine aan op de Siemens Xcelerator Marketplace. Deze baanbrekende innovatie, ontwikkeld in nauwe samenwerking met Siemens, vertegenwoordigt een echte mijlpaal voor de sector: een oplossing die kan worden opgeschaald om aan individuele klantbehoeften te voldoen.



**Visual Components**  
*Finland*



Digitale tweeking voor de productie van badkamerkasten: Tegenwoordig vragen klanten om gepersonaliseerde producten en verwachten tegelijkertijd lage prijzen, wat fabrikanten voor een uitdaging stelt. Deze schijnbare tegenstrijdigheid ontstaat omdat variëteit in producten voor een complexere productie veroorzaakt. Toch biedt massamaatwerk een oplossing, zoals te zien is in sectoren als de automobiellindustrie en badkamermeubels. Bedrijven zoals MBFZ toolcraft GmbH zijn gespecialiseerd in geavanceerde technologieën, zoals individuele turnkey-robotoplossingen, waarmee fabrikanten zich aan deze trend kunnen aanpassen. MBFZ, opgericht in 1989, is een leider geworden op dit gebied en biedt innovatieve oplossingen voor sectoren zoals lucht- en ruimtevaart, medische technologie en de automobiellindustrie, waardoor bedrijven efficiënt maatwerk op grote schaal kunnen beheren.



**Siemens**  
*Duitsland*



Girsberger simuleert en optimaliseert houtbewerkingen offline met behulp van een digitale tweeking: Beschrijft hoe Girsberger hun productieprocessen heeft geoptimaliseerd door digitaal tweekingstechnologieën toe te passen, omdat ze de houtbewerkingen offline met behulp van de digitale tweeking van de machine kunnen testen en optimaliseren, wat tijd en mislukte pogingen bespaart en botsingen voorkomt.



**Dassault Systèmes**  
*Frankrijk*



Virtueel testen met PowerFLOW: Virtueel testen met PowerFLOW: De keuken is in moderne woningen uitgegroeid tot een centraal knooppunt voor gezinnen en voor gastvrijheid. Keukenontwerpen en functionaliteit evolueren om meer activiteiten mogelijk te maken, wat een verschuiving weerspiegelt van praktische naar veelzijdige leefruimte. Onderzoekers van het Silestone Institute hebben een Global Kitchen Study gepubliceerd, waaruit bleek dat keukens tegenwoordig verder gaan dan hun traditionele rollen door als een bruisend centrum te functioneren voor diverse activiteiten, waaronder socializen, werken en dineren. Open indelingen met comfortabele zitplaatsen en innovatieve ontwerpelementen kunnen keukens transformeren tot uitdagende sociale ruimtes waar mensen samenkomen en tegelijkertijd het praktische comfort bieden om heerlijke snacks en maaltijden te creëren.



**Digitize Designs**  
*Verenigde Staten*



Interieurontwerp transformeren met 3D-scantecnologie: Exacte maten zijn essentieel, en in tegenstelling tot de meeste online winkels moeten meubels vaak persoonlijk worden beoordeeld op textuur, comfort en stijl. Rooms To Go wilde deze uitdagingen het hoofd bieden door digitale meubelmodellen te creëren die zo realistisch zijn dat ze door interieurontwerpers gebruikt kunnen worden om decoratie virtueel te beoordelen, de perfecte look en feel te bereiken en hun creatieve visies te realiseren.



**Girsberger Holding AG**  
*Zwitserland*



Meubelproductie optimaliseren met een digitale tweeking: Girsberger, een meubelbedrijf, optimaliseert houtbewerking met een digitale tweeking om botsingen te voorkomen en de productie-efficiëntie te verbeteren. Deze praktische implementatie helpt de mogelijkheden van ThingWorx op een tastbare en herkenbare manier te illustreren.

**Beamo***Republiek Korea*

Case met digitale tweeling in de horecasector: Beamo's digitaal tweelingplatform maakt gebruik van 360-gradencamera's en smartphones om virtuele replica's te creëren en toepassingen buiten de traditionele sectoren te vinden. Een hotelfaciliteit heeft met succes de technologie voor marketing en representatie geïmplementeerd. Kostenbesparingen, lagere gegevenskosten en betere workflow en documentatie. De veelzijdige toepassingen van digitaal tweelingtechnologie blijven zich ontwikkelen en laten de positieve impact ervan in verschillende sectoren zien.

**Denodo Technologies***Verenigde Staten*

Een casestudy van realtime gegevensvirtualisatie: Beschrijft hoe CITY Furniture het succes van een realtime gegevenssysteem in verkoop heeft genomen en het over meerdere afdelingen heeft uitgebreid. De reis begint met een software-engineer en een IBM-mainframe en eindigt met een initiatief voor gegevensdemocratisering. Er zijn veel interessante stops onderweg – een streaminglaag, een IBM cloud datawarehouse, een mengelmoeis van gegevensopslag, een gegevensstof en gegevensvirtualisatie.

**Cetem***Spanje*

Een digitale tweeling voor meubels maakt het mogelijk om prototypetests naar voren te brengen om te voldoen aan industrie- en wettelijke regelgeving: AMUEBLA heeft samen met AIDIMME, CETEM, ARVET en het bedrijf SANCAL een innovatief project aangevraagd, dat tot doel heeft het ontwerp van het prototype te verbeteren door middel van digitaal tweelingsimulaties voor juridische en industriële naleving vóór de productie, en daarmee ook kosten verlagen doordat de norm niet wordt nageleefd.

*China*

Een digitale tweeling van een werkplaatsmodel werd toegepast op het verpakkingsproces bij de productie van paneelmeubels om de integratie met informatiesystemen te verbeteren. Geïmplementeerd in bedrijf W, identificeerde het inefficiënties, stelde optimalisaties voor en verhoogde door middel van simulatie en echte tests de efficiëntie van de verpakkingslijnen met 20%, terwijl het aantal werknemers met 5-6 werknemers werd verminderd. Het model ondersteunt intelligente productie- en systeemupgrades.

**Hamon***Frankrijk*

Modernisering van verouderde machines: In het retrofit-project van een machine die wordt gebruikt om houten planken tot uniforme afmetingen en kwaliteit te snijden, is een digitale tweeling geïmplementeerd (door de Actemium-systeemintegrator, gebaseerd op Rockwell Automation's Emulate 3D Dynamic Digital Twin-software), om de nieuwe automatiseringsprogramma's offline te ontwikkelen en te testen, de programmacode te optimaliseren en potentiële problemen te anticiperen voordat machines daadwerkelijk worden getest. Er is een aanzienlijke vermindering van de stilstand bereikt

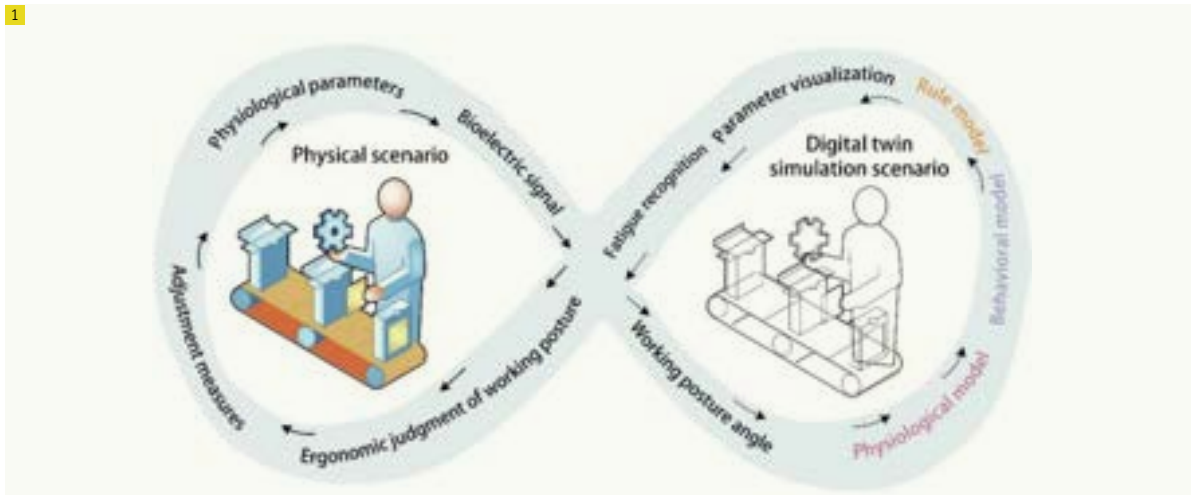
**Simplan***Duitsland*

Digitaal tweelingsimulatie om de productieprocessen te analyseren: Siemens' software Plant Simulation wordt gebruikt door Nolte-Möbel, een Duitse meubelfabrikant, om zijn complexe workflows vóór productie te optimaliseren. De software creëert een digitale tweeling van de productieomgeving, waarbij echte gegevens uit Excel voor nauwkeurige modellering worden geïntegreerd. Nolte gebruikt het om planningsscenario's en procesvariëaties te simuleren zonder de lopende activiteiten te verstoren. De tool biedt volledig inzicht in materiaalstroom en gebruik van hulpbronnen.

**FlexSim Software Products, Inc***Verenigde Staten*

FlexSim aangepaste modellering met tweelingen in het meubelproces: Op simulatie gebaseerde studie van massale aangepaste meubelproductie met behulp van FlexSim 3D-software bij een Pools bedrijf. De studie analyseert hoe toenemende productievolumes de machinebelasting en systeemefficiëntie beïnvloeden. Aanbevelingen omvatten het toevoegen van apparatuur en het optimaliseren van materiaalstroom om schaalbare, efficiënte productie mogelijk te maken, met groei tot tien keer de huidige capaciteit.

De veiligheid en productiviteit van productieprocessen verhogen terwijl hun milieu-impact wordt geminimaliseerd door in digitale tweelingen simulatietechnieken toe te passen



Implementatiemoeilijkheid: **Gemiddeld**Economische levensvatbaarheid: **Hoog**

# De veiligheid en productiviteit van productieprocessen verhogen terwijl hun milieu-impact wordt geminimaliseerd door in digitale tweelingen simulatietechnieken toe te passen



## Beschrijving

Digitale tweelingen (DT's) worden steeds belangrijker voor het stimuleren van duurzaamheid in de zich ontwikkelende productiesector. Hun voorspellende mogelijkheden helpen stilstand te verminderen, de levensduur van apparatuur te verlengen en afval tot een minimum te beperken door proactief onderhoud en risicobeperking. Door realtime gegevens van sensoren en machines te integreren, creëren de DT's nauwkeurige virtuele replica's van fysieke systemen, waardoor fabrikanten scenario's kunnen simuleren, processen kunnen optimaliseren en problemen kunnen identificeren zonder de productie te onderbreken. Als zodanig kan de continue vergelijking tussen realtime gegevens en gegevens die uit de simulatie zijn verkregen door de software worden gebruikt om het begrip van het echte probleem te verbeteren, wat resulteert in **nauwkeurige simulaties** en enorm bijdraagt aan de duurzaamheid van de productieprocessen.

Bovendien is een mensgerichte aanpak in productie van cruciaal belang in het tijdperk van Industry 5.0. Gezien de vergrijzende beroepsbevolking en het toenemende aantal vrouwen dat traditioneel door mannen gedomineerde banen betreedt, is het cruciaal om deze diversiteit op te nemen in het ergonomische ontwerp van systemen en omgevingen, terwijl ook werkplekken worden afgestemd op ieder individu.

Met dit in gedachten heeft het gebruik van digitale simulaties samen met **ergonomische simulatie** recentelijk bijgedragen aan het verhogen van zowel veiligheid als productiviteit op de werkplek.

### 1 Benadering met digitale tweelingen voor Human Ergonomics Simulation (SRC ↔)

Het vakgebied ergonomie is de afgelopen decennia geëvolueerd en omvat zowel simulaties in 3D-omgevingen als kunstmatige-intelligentietechnieken om werkgerelateerde musculoskeletale aandoeningen (MSD's) te beoordelen. Met de vooruitgang in simulatiesnelheid en intuïtieve interfaces is er veel minder tijd nodig om ergonomische simulaties te ontwikkelen en zijn ze praktischer geworden. Traditionele ergonomische analyse maakte gebruik van MTM-tabellen en algemene vuistregels om veiligheidsfactoren en heuristische te integreren en zo de veiligheid op de werkplek te waarborgen. Deze aanpak maakte het vaak moeilijk om unieke taken te beoordelen of dwong ingenieurs om te kiezen voor dure oplossingen om de veiligheid te waarborgen. Om deze kloof te verkleinen heeft de

DT-benadering van ontwerp en procesbeheer sneller dan ooit betere tools bij de ingenieur binnen handbereik gebracht, omdat een DT ergonomie vanuit fysiek en cognitief perspectief kan beoordelen.

**Fysieke ergonomische simulatie** bestaat uit het beoordelen van de fysieke ergonomische omgeving en het bekijken van het operatorbereik, het beoordelen van de belastingen en spanning op het lichaam, het meten van verbruikte kilocalorieën om vermoeidheid te bepalen, en het analyseren van houdingen en bewegingen met behulp van op observaties gebaseerde tools zoals RULA (Snelle evaluatie van bovenste ledematen), REBA (Snelle evaluatie van het hete lichaam), OWAS (Ovako-analysesysteem voor werkhouding) en OCRA (Index voor herhaaldelijke beroepshandelingen). Bij het beoordelen van bereik maken simulaties het eenvoudig om de antropometrie van de dummy in de simulatie te veranderen, zodat zowel de kleinste vrouw als de grootste man een taak gemakkelijk kan uitvoeren. Op basis van een specifiek gekozen standaard of gewicht kan de simulatie worden geconfigureerd om een lichaamshouding tijdens een taak te beoordelen. Simulaties kunnen ook worden gebruikt om de toegankelijkheid van specifieke taken te beoordelen door de cyclustijd te bepalen en te controleren of de houding van de werknemer gedurende de hele taak acceptabele blijft.

### 2 Fysieke ergonomie in productieprocessen (SRC ↔)

Bewegingen en houdingen van de dummy's worden vaak gestuurd door de gegevens die worden verkregen via optische apparaten of traagheidssensoren die in echte situaties op het lichaam van de gevolgte persoon zijn aangebracht. Deze systemen zijn weliswaar robuust maar ook kostbaar. Ze hebben instelbeperkingen en zijn lastig om in echte werkomgevingen betrouwbare en realistische simulaties mee te maken. Machinaal leren, en in het bijzonder Deep Learning-technieken, maken het mogelijk om de gewrichten van het menselijk lichaam te herkennen op video's die zijn opgenomen met RGB-camera's en om direct ergonomische indexen of ondersteunende simulaties te beoordelen.

**Cognitieve ergonomische simulatie** analyseert de mentale kant van een taak. Vaak verwijst dit naar de visuele signalen die aan een werknemer worden gegeven om taken uit te voeren en de mentale stress die met het werk gepaard gaat te minimaliseren. Het vakgebied cognitieve ergonomie omarmt het concept van een DT om werknemers in staat te stellen een werkomgeving te ervaren voordat deze wordt gebouwd, aangezien op de een of andere manier is aangetoond dat cognitieve belasting met een slechte cognitieve ergonomie gepaard gaat: verstoringen (bijvoorbeeld spraak, geluid)

## De veiligheid en productiviteit van productieprocessen verhogen terwijl hun milieu-impact wordt geminimaliseerd door in digitale tweelingen simulatietechnieken toe te passen

en het bewegen van elementen, enz.); onderbrekingen (bijvoorbeeld collega's die om hulp vragen, interactie-technologieën en meldingen, ontbrekende informatie, of beslissingen die de continuïteit van het werk blokkeren, enzovoort); informatie-overload (bijvoorbeeld multitasken, meerdere dingen parallel monitoren en observeren, wisselen tussen taken tijdens het werk, enzovoort).

- 3 Cognitieve spanningsbronnen in productieprocessen (SRC ⇄)



### Toepassing

Het is algemeen bekend dat DT's een sleutelrol spelen bij het verminderen van de milieu-impact van productie doordat ze duurzaamheid in alle processen verbeteren. Ze maken het mogelijk hulpbronnen te optimaliseren door gegevens over materiaalgebruik, afval en energie te analyseren om inefficiënties te identificeren. Via virtuele simulaties helpen DT's het energieverbruik te verlagen terwijl de kwaliteit van productie behouden blijft. Zo maken digitale tweelingen het mogelijk om realistische virtuele prototypes te creëren die producten of processen nabootsen, waardoor de noodzaak voor kostbare, tijdrovende fysieke prototypes wordt vermindert. Hierdoor kunnen defecten worden geïdentificeerd en gecorrigeerd tijdens de ontwerpfase, waardoor materiaal-, arbeids- en tijdskosten en het energieverbruik worden verlaagd. Aanpassingen kunnen snel worden getest, waardoor de ontwikkeling en time-to-market wordt versneld en de kwaliteit van het eindproduct verbetert.

Ze ondersteunen ook afvalvermindering door predictief onderhoud mogelijk te maken en de levensduur van apparatuur te verlengen. Daarnaast faciliteren DT's kringloopgerichte productiemodellen zoals recycling en herproductie door het optimaliseren van materiaalstromen en de terugwinning van grondstoffen. Met dit in gedachten kunnen de digitale systemen ook worden gebruikt om te simuleren hoe werknemers zich gedragen om de veiligheid, snelheid en efficiëntie in de productie te verbeteren. Het antwoord is ja, maar er ontstaan uitdagingen bij het nabootsen van menselijke bewegingen en ergonomie.

Een belangrijke uitdaging is het bereiken van nauwkeurige vertegenwoordiging van menselijke bewegingen, rekening houdend met sensornauwkeurigheid en beperkingen van biomechanische modellering. Problemen met gegevenslatentie en synchronisatie belemmeren ook realtime responsiviteit, waardoor er discrepanties ontstaan tussen gesimuleerde en daadwerkelijke bewegingen. Het integreren van diverse gegevensbron-

nen en technologieën voegt complexiteit toe vanwege compatibiliteitsproblemen en interoperabiliteitsbeperkingen. Zorgen over privacy en ethiek bij het verzamelen en verwerken van menselijke bewegingsgegevens benadrukken verder de noodzaak van zekerheden die individuele rechten beschermen.

- 4 *Digitale tweelingen voor ergonomiebeoordeling in productieprocessen*

Het simuleren van interactie tussen mens en robot vereist geavanceerde modellering en besturingsalgoritmen om naadloze samenwerking te bereiken. Schaalbaarheidsproblemen, gebrek aan standaardisatie en het ontbreken van best practices belemmeren de toepassing nog verder, wat de noodzaak van branchebrede richtlijnen onderstreept. Het aanpakken van deze uitdagingen via geavanceerde modelleringstechnieken, machinaal leren, deep learning, verbeterde gegevensintegratie en ethische kaders is essentieel om het volledige potentieel van DT's in menselijke simulatie te ontsluiten.

Daarnaast kunnen DT's worden gebruikt om het gehele personeelsbestand onder verschillende scenario's te visualiseren, zodat ze laten zien hoe werknemers het beste presteren onder specifieke omstandigheden en zo een nauwkeurige planning van hulpbronnen mogelijk maken. Virtuele vertegenwoordiging van elke werknemer maakt predictieve controle mogelijk, zodat problemen proactief worden voorspeld en opgelost.

- 5 *Digitale tweelingen voor personeelscontrole en planning*

DT's bieden transformatief potentieel voor personeelsbeheer doordat organisaties werknemersgerelateerde beslissingen vóór de implementatie kunnen simuleren en optimaliseren. Ze verbeteren de voorspelling met nauwkeurige, op gegevens gebaseerde voorspellingen over personeel, verminderen risico's bij organisatieveranderingen en ondersteunen strategische planning. Door vaardigheden en prestaties in real time in kaart te brengen, kunnen bedrijven hulpbronnen effectiever toewijzen, gepersonaliseerde loopbaantrajecten creëren, planning optimaliseren en zich snel aanpassen aan veranderende eisen.

Over het algemeen verhogen DT's de efficiëntie, zorgen ze voor een betere rolafstemming en ondersteunen ze continue ontwikkeling en flexibiliteit van het personeel. Simpel gezegd helpen DT's organisaties zich voor te bereiden op onverwachte gebeurtenissen zoals veranderingen en verloop in het personeelsbestand of nieuwe projecten. Ze kunnen worden gezien als tools om langetermijnontwikkelingen te voorspellen, door te kijken wat de risico's en kansen zijn. In tegenstelling tot vaste modellen gebruiken DT's realtime informatie om het personeel dynamisch weer te geven, waarbij de reacties van teams op scenario's zoals werklastwijzigingen of aangepaste roosters worden gesimuleerd.



## Implementatieaspecten

### ■ Implementatiemoeilijkheid: Gemiddeld

Het implementeren van simulatie van productieprocessen, vooral voor ergonomie, brengt uitdagingen met zich mee: het integreren van realtime gegevens, de noodzaak van technische expertise en weerstand van het personeel. Sceptis tegenover digitale tools, gebrek aan ergonomische kennis en angst voor toezicht of functiebeoordeling kunnen voor de mens een barrière vormen. Daarnaast kunnen managers productiviteit boven ergonomie stellen. Het overwinnen van deze uitdagingen vereist duidelijke communicatie, inclusieve planning, training en het aantonen welke waarde ergonomie voor veiligheid en efficiëntie heeft. Een zorgvuldige, geleidelijke implementatie met de juiste software en hulpbronnen kan een succesvolle toepassing ondersteunen.

### ■ Economische levensvatbaarheid: Hoog

Economische barrières kunnen de toepassing van ergonomische simulatietechnologieën aanzienlijk beïnvloeden, vooral voor kleine en middelgrote fabrikanten, gezien de hoge aanvangskosten voor software, hardware, training en advies. Deze bedrijven geven vaak prioriteit aan kortetermijnproductiviteit boven langetermijnvoordelen voor ergonomie, die financieel moeilijker te kwantificeren kunnen zijn. Echter, met strategische planning, duidelijke communicatie van langetermijnwinsten en geleidelijke implementatie kan simulatie uiteindelijk leiden tot activiteiten die veiliger, efficiënter en kosteneffectiever zijn.

De volledige implementatie van een digitale tweeling voor volledige procescontrole blijft een grote uitdaging. Het vereist uitgebreide **parameterisatie, systeemintegratie en continue gegevensafstemming**, wat aanzienlijke tijd, expertise en financiële investeringen kan vergen. Daarom moeten bedrijven de **inzetgebieden prioriteren** op basis van impactpotentieel, te beginnen met processen die veel verbruiken of waarin de risico's hoog zijn.

### ■ Menselijke factoren

Een belangrijke menselijke factor in ergonomiesimulatie is acceptatie en betrokkenheid van de gebruiker. Werknemers en managers kunnen moeite hebben met digitale tools als deze als opdringerig of controlerend worden gezien of vooral bedoeld zijn om prestaties te beoordelen in plaats van ondersteunende hulpmiddelen. Deze scepsis neemt toe wanneer technologieën zoals motion capture of VR worden geïntroduceerd zonder dat er een duidelijke uitleg over hun doel en voordelen wordt gegeven. Een succesvolle implementatie vereist niet alleen een basisbegrip van de tools en ergonomische principes, maar ook goed gestructureerde trainings- en onboardingprogramma's. Digitale geletterdheid varieert sterk tussen functies (operators, ingenieurs en supervisors kunnen op een andere manier bekend zijn met geavanceerde platforms) wat leidt tot ongelijke toepassing als het niet wordt aangepakt.

Een andere valkuil doet zich voor wanneer simulaties uitsluitend door technische teams worden ontwikkeld, zonder input van degenen die de taken uitvoeren. Deze top-downbenadering levert vaak modellen op die de subtiliteiten van workflows of uitdagingen op de werkvloer missen. Het opzetten van participatieve processen waarbij werknemers bijdragen aan ontwerp, testen en validatie zorgt voor nauwkeurigheid, versterkt verantwoordelijkheid en verbetert acceptatie. Duidelijke communicatie over doelstellingen, voordelen en beperkingen bevordert ook het vertrouwen en de samenwerking.

Tot slot moeten ethische zorgen worden beheerst.

Werknemers kunnen vrezen voor toezicht, misbruik van persoonsgegevens of verlies van autonomie wanneer hun bewegingen worden geregistreerd en geanalyseerd. Verkeerde interpretatie van gegevens kan het vertrouwen ondermijnen. Organisaties moeten daarom transparante beleidsregels opstellen voor het gebruik van gegevens, geïnformeerde toestemming verkrijgen en veilige verwerkingspraktijken garanderen. Het proactief aanpakken van privacykwesties en het bevorderen van transparantie creëert een op vertrouwen gebaseerde omgeving waarin technologie wordt gezien als een samenwerkingstool die bedoeld is om werknemers te ondersteunen in plaats van te bedreigen.

5



6



## De veiligheid en productiviteit van productieprocessen verhogen terwijl hun milieu-impact wordt geminimaliseerd door in digitale tweelingen simulatietechnieken toe te passen

### ■ Omgevingsfactoren

Omgevingsfactoren beïnvloeden ook de nauwkeurigheid en bruikbaarheid van ergonomiesimulaties. De indeling van een faciliteit moet realistisch worden gemodelleerd om effectieve beoordelingen te garanderen. Omstandigheden zoals verlichting, temperatuur, luchtvochtigheid en geluid kunnen het comfort en de prestaties van de werknemer aanzienlijk beïnvloeden. Slechte omgevingen kunnen stress verhogen, concentratie verminderen en ergonomische risico's benadrukken. Het opnemen van deze variabelen in DT-simulaties biedt een meer holistisch begrip van de arbeidsomstandigheden. Duurzaamheid is een andere essentiële overweging. DT's zelf verbruiken grondstoffen: gegevensverwerking, hardware en ondersteunende infrastructures zoals datacentra hebben aanzienlijke hoeveelheden energie en water nodig, terwijl ze schaarse materialen gebruiken die bijdragen aan e-waste. Het efficiënt beheren van gegevensopslag en het toepassen van eco-ontwerpprincipes helpt de milieu-impact te verminderen. Levenscyclusbeoordelingen en naleving van regelgeving zoals ISO 14001 zijn cruciaal om de voetafdruk van DT's te minimaliseren.

Connectiviteit brengt verdere uitdagingen met zich mee. DT's zijn afhankelijk van IoT-apparaten, cloudcomputing en realtime analyses. Het produceren en onderhouden van sensornetwerken (versnellingsmeters, thermische sensoren, RFID-tags) brengt materiaal- en energiekosten met zich mee. Deze apparaten maken vaak gebruik van zeldzame aardmetalen, lithiumbatterijen en halfgeleiders, waarvan de winning en verwerking broeikasgasemissies, watervervuiling, giftig afval en recyclingproblemen veroorzaken.

### ■ Afstemming op certificeringen en regelgeving

De implementatie van een digitale tweeling (DT) in de productie vereist naleving van belangrijke normen, waaronder ISO/IEC 27001:2022 voor gegevensbeveiliging, AVG (2016) voor privacy, NIST (2018) voor cyberbeveiliging, ISO 14001:2015 voor milieu-impact, ISO 50001:2018 voor energiebeheer en ISO 45001:2018 voor veiligheid op de werkplek. Ergonomie en interoperabiliteit worden behandeld door ISO 9241 (2019), EN 1335:2020 en IEC 62264 (2013), wat zorgt voor duurzame, veilige en efficiënte activiteiten.



## De veiligheid en productiviteit van productieprocessen verhogen terwijl hun milieu-impact wordt geminimaliseerd door in digitale tweelingen simulatietechnieken toe te passen



### Oplossingen



#### Mensgerichte productie

Siemens

Duitsland ↔

Tecnomatix is een uitgebreide digitale productiesoftware-suite ontwikkeld door Siemens Digital Industries Software. Fabrikanten kunnen hiermee productieprocessen digitaal plannen, simuleren en optimaliseren, waardoor innovatieve ideeën worden omgezet in tastbare producten. Door realtime gegevens uit verschillende productiedisciplines te integreren, helpt het productie-engineering, productietechniek, productie-uitvoering en service engineering te synchroniseren, waardoor de productie-efficiëntie wordt gemaximaliseerd.



#### Digitale menselijke modellering in virtuele ergonomie

Dassault Systèmes

Frankrijk ↔

DELMIA helpt productie-ingenieurs bij het virtuele ontwerp van veilige en efficiënte werkplekken om kostbare fouten in de fysieke wereld te voorkomen. Onze Virtual Ergonomics-software stelt ontwerpers en ingenieurs in staat om problemen met houdingen te overwinnen door menselijke interactie en ergonomisch gedrag tussen een product en een systeem vanaf de vroegste stadia van het ontwerpproces te simuleren. Productontwerpers en productie-ingenieurs kunnen ergonomische problemen virtueel zo vroeg mogelijk oplossen om het welzijn van werknemers te vergroten, de kosten van werkgerelateerde letsels te verlagen en de productiviteit in de praktijk te verhogen. Bovendien kunnen ze snelle en efficiënte beslissingen nemen om hun ontwerpdoelen te bereiken door relevante richtlijnen te geven aan product- en werkplekontwerpers, zelfs als die weinig ergonomische achtergrond hebben.



#### Cognitieve digitale oplossingen voor marktleaders

Cognitwins

Verenigde Staten ↔

CogniTwins helpt de kracht van cognitieve digitale tweelingen, threads en zwermen te benutten om het huidige bedrijf succesvol te transformeren en nieuwe, toekomstbestendige lijnen van slimme producten, oplossingen en diensten te creëren.



#### Software voor preventie van beroepsrisico's aangedreven door AI

Siali Technologies

Spanje ↔

Safe is het platform dat de EHS van uw bedrijf automatiseert door elk ongeluk te anticiperen om de veiligheid van uw werknemers te verbeteren. Het is een actieve tool bij risicopreventie. Hij detecteert en waarschuwt in real time alle potentieel gevaarlijke situaties, zoals het ontbreken van PBM, geblokkeerde paden en de snelheid van het voertuig om in te grijpen voordat het serieus wordt.



#### Ergonomische digitale tweeling

Moovency

Frankrijk ↔

KIMEA is een innovatieve ergonomische digitaal-tweelingoplossing die is ontworpen om musculoskeletale aandoeningen (MSD's) in werkomgevingen te beoordelen en te voorkomen. Door gebruik te maken van dieptegevoelige camera's, zoals Microsoft Kinect, legt KIMEA 3D-skeletgegevens vast van werknemers die taken uitvoeren. Deze gegevens worden vervolgens verwerkt door geavanceerde algoritmen om mogelijke obstructies en onnauwkeurigheden te corrigeren, waardoor nauwkeurige analyse zelfs in complexe industriële omgevingen wordt gegarandeerd. Het systeem creëert een realtime digitale tweeling van de operator, waarbij gebaren en houdingen automatisch worden omgezet in ergonomische indicatoren. Dit maakt dynamische analyses van MSD-risico's mogelijk, waardoor organisaties effectief prioriteiten kunnen stellen voor interventies en gerichte preventiestrategieën kunnen implementeren.



#### Intelligente veiligheidsanalyse

Soter

Verenigde Staten ↔

SoterAI, het AI-first platform dat EHS-leiders ongekende risicozichtbaarheid en voorspellende kracht geeft. Het platform analyseert nauwkeurig complexe, multi-source bedrijfsveiligheidsgegevens om opkomende risico's te identificeren en potentiële incidenten te voorspellen voordat ze plaatsvinden. Het levert de bruikbare inzichten die u nodig heeft om proactief risico's te beperken, naleving op alle locaties te waarborgen en uw algehele EHS-strategie te optimaliseren voor meetbare bedrijfsresultaten.

**DT voor de analyse van de levenscyclus van industriële activa***Hexagon*  
*Zweden* ↔

HxGN SDx2 is een cloudeigen platform ontwikkeld door Hexagon voor het beheren van de volledige levenscyclus van industriële activa. Het integreert realtime 2D/3D-visualisaties, technische en operationele gegevens, waardoor predictief onderhoud, verbeterde veiligheid en beslissingen op basis van gegevens mogelijk zijn. Gebouwd op Microsoft Azure ondersteunt het digitaal-tweelingomgevingen voor industriële efficiëntie en duurzaamheid.

**HEGO***Emoj*  
*Italië* ↔

De Body Tracker van Emoj, genaamd HEGO, is een door AI aangestuurd, niet-invasief systeem ontworpen voor realtime toezicht op de houding en bewegingen van werknemers. Het beoordeelt ergonomische risico's door verschillende lichaamshoudingen en hoeken te analyseren, zoals hoofd- en rompflexie, armbewegingen en gewrichtshoeken. Het systeem berekent internationale ergonomische indices zoals REBA, RUSA en OCRA, en biedt een gedetailleerde risicobeoordeling voor musculoskeletale aandoeningen (MSD's). Gegevens kunnen via een dashboard door zowel bedrijven als ergonomen worden bekeken, waardoor proactieve interventies en gepersonaliseerde aanpassingen op de werkplek mogelijk zijn. Volledig in overeenstemming met de AVG verbetert Body Tracker de veiligheid en ergonomie op de werkplek zonder dat er opdringerige apparatuur voor nodig is

**Duurzame productie***Instituut voor Industriële Technologieën en Automatisering (ITIA) – Nationale Onderzoeksraad (CNR)**Italië* ↔

Het project "Duurzame Productie", geleid door ITIA-CNR en met belangrijke partners zoals Politecnico di Milano en Università Politecnica delle Marche, heeft als doel om ondersteunende technologieën en methodologieën te ontwikkelen voor duurzaam product- en fabrieksontwerp gedurende de volledige productlevenscyclus. Het bevordert eco-ontwerp, efficiënt gebruik van hulpbronnen en mensgerichte productie. Toepassingen omvatten polymeerformuleringen, ecofabrieken en demontage. Belangrijke innovaties zijn onder andere energiezuinige systemen, werkkleding met sensoren, intuïtieve multimodale interfaces en augmented reality voor toezicht op fabrieken. Het project ontwikkelt ook nieuwe bedrijfsmodellen voor kringloopproductie. Ondersteund door een breed netwerk van bedrijven versterkt het het Italiaanse leiderschap in hoogpresterende en duurzame productiesystemen. Tijdens het project werd er bijzondere aandacht besteed aan het testen van verschillende ergonomische beoordelingstools die geïntegreerd zijn met DT van de betrokken fabrieken, om potentiële toepassingen te identificeren voor het verminderen van MSD's, het verbeteren van het ontwerp van werkbanken en in het algemeen industriële duurzaamheid.

**Gezondheids- en veiligheidstraining via digitale tweeling***PREVU3D**Canada* ↔

Prevu3D is een digitale tweelingssoftware om activa in 3D te visualiseren, waardoor realtime bewaking van hun operationele status en historische gegevens mogelijk is. Het platform biedt immersieve navigatiemodi, van walk-through tot top-down CAD-weergaven, wat de zichtbaarheid en afstemming tussen teams verbetert. De geavanceerde 3D-scanning en meshverwerking ondersteunen capaciteitsplanning en simuleren wijzigingen van de indeling zonder dat u daar fysiek bij aanwezig hoeft te zijn. Prevu3D stelt organisaties ook in staat om de training van werknemers te verbeteren door middel van immersieve 3D-scenariotests, waardoor veiligheid voorop komt te staan en operationele risico's tot een minimum worden beperkt.

## De veiligheid en productiviteit van productieprocessen verhogen terwijl hun milieu-impact wordt geminimaliseerd door in digitale tweelingen simulatietechnieken toe te passen



### Voorbeelden



#### Ford

*Verenigde Staten*



Ergonomie ontmoet immersieve techniek: Lopende-bandwerk is niet makkelijk. Om elke 60 seconden een voertuig te produceren wordt er veel gerekt, gereikt, getild, getrokken en geduwd. Door bewegingstracking en simulatie naar een nieuwe hoogte te brengen in immersive engineering, boekt Ford Motor Co. via ergonomische analyses enorme vooruitgang bij het drastisch verminderen van assemblageblessures. Als extra voordeel is de kwaliteit verbeterd.



#### BMW Group

*Oostenrijk*



Vermindering van het energieverbruik in de levenscyclus van automotoren met Plant Simulation: Autofabrikanten produceren doorgaans het merendeel van de kernonderdelen en hun motorcomponenten zelf. Carters, krukassen, cilinderkoppen en drijfstangen worden gedraaid, gefreesd, geboord, geslepen en verfijnd op geavanceerde productie- en transferlijnen in fabrieken zoals BMW Motoren GmbH, de grootste motorenfabriek binnen de BMW Groep, gevestigd in Steyr, Oostenrijk, ongeveer drie uur rijden van het hoofdkantoor in München, Duitsland.



#### Electrolux

*Verenigde Staten*



Wereldwijde 3D-fabrieks- en materiaalstroomplanning: Met de goede visualisatiemogelijkheden van Tecnomatix kan ik het management een vroege planningsfase laten zien die de processen plausibel maakt. De 3D-technologie helpt bij de verificatie van assemblageconcepten en bij het selecteren van leveranciers voor automatiseringsoplossingen en geeft me inzichten die ik eerder niet had.



#### KONE

*Finland*



Op zoek naar een 3D-simulatie en tool om de indeling mee te plannen: KONE besloot dat het tijd was om op zoek te gaan naar een oplossing die hen niet alleen kon helpen bij het plannen en ontwerpen van nieuwe productieoplossingen, maar ook hun communicatie met belanghebbenden tijdens het plannings- en ontwikkelingsproces kon verbeteren.



#### Volkswagen

*Duitsland*



"Virtueel menselijke" tool verbetert ergonomie: Ergonomie was vroeger een vreemd klinkend woord met weinig betekenis voor bedrijven, maar tegenwoordig kan het een grote invloed op het productiviteitsniveau hebben. Stelt u zich voor dat de ergonomie van een werkstation wordt genegeerd; de gevolgen kunnen rampzalig zijn. Denk eens aan dit scenario: een werknemer kan moeilijk bij een bepaalde boutverbinding komen en daardoor is het moeilijk voor de werknemer om de bout vast te draaien. De lopende band gaat onophoudelijk door en de werknemer heeft moeite om bij te blijven, waardoor zijn of haar toch al ongemakkelijke positie pijnlijker wordt tijdens het werken. Het gevolg hiervan kan zijn dat de hele productielijn abrupt tot stilstand komt; een resultaat dat geen enkel bedrijf zich kan veroorloven. In sommige situaties is het zelfs niet mogelijk om de levertijden te halen.



#### CETEM

*Spanje*



Een digitale tweeling detecteert waar de veiligheid van meubels verbeterd kan worden en stelt voor nieuwe prototypes herontwerpen voor: Het op Predictive Artificial Intelligence gebaseerde systeem voor meubeltesten zal de efficiëntie en productiviteit van de Spaanse meubelsector ondersteunen en kosten besparen. Traditionele fysieke testen zullen echter niet worden vervangen, want deze zijn noodzakelijk voor nationale en internationale productcertificeringen via geaccrediteerde laboratoria.



#### KIT4SME

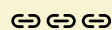
*Italië*



Gezondheid, veiligheid en ergonomie voor de toekomstige fabriek waarin de mens centraal staat: Het project, gefinancierd door KIT4SME's Type-A Open Call (n. 952119), betrof de ontwikkeling van een door AI aangestuurde ergonomische beoordelingstool die wordt toegepast binnen Salvarani, een fabrikant van landbouwmachines uit Reggio Emilia. Het AI-systeem analyseerde de bewegingen en houdingen van werknemers in real time en berekende automatisch ergonomische risico-indices zoals REBA en RULA. De resultaten hebben laten zien dat de op AI gebaseerde beoordeling niet alleen vergelijkbaar was met traditionele methoden met virtuele dummy's en deskundige observaties, maar in sommige gevallen zelfs nauwkeuriger en consistentere. De tool maakt continu, niet-invasieve bewaking mogelijk en biedt een schaalbare oplossing om de ergonomie op de werkplek in industriële omgevingen te verbeteren.

**Universiteit van Campanië Luigi Vanvitelli***Italië*

Een digitale tweeling voor toezicht op ergonomie tijdens productie: In het tijdperk van slimme fabrieken is de digitale tweeling (DT) met betrekking tot de ergonomie van productieprocessen de sleutel tot het opzetten van nieuwe modellen voor toezicht op en uitvoering van handmatige werkactiviteiten, die in staat zijn om bijna realtime resultaten te leveren en het besluitvormingsproces te ondersteunen bij de verbetering van arbeidsomstandigheden. Dit artikel heeft als doel een methodologisch kader voor te stellen dat, door het implementeren van een menselijke distributielijijn, de bewaking en besluitvorming ondersteunt met betrekking tot de ergonomische prestaties van handmatige productielijnen. Een casestudy, uitgevoerd in een laboratorium, wordt gepresenteerd om de toepasbaarheid en effectiviteit van het voorgestelde kader aan te tonen. De resultaten tonen aan hoe het mogelijk is om de operationele problemen van een handmatig werkstation te identificeren en hoe het mogelijk is om verbeterde oplossingen voor te stellen en te testen

**Biesse Group en Università Politecnica delle Marche***Italië*

Het Intelligence 5.0-project, uitgevoerd door de Università Politecnica delle Marche en Biesse (een toonaangevende fabrikant van meubelverwerkingsmachines), pakte de groeiende behoefte aan predictief onderhoud en diagnostiek in de mechatronicsector aan, waarbij gebruik werd gemaakt van Industry 4.0-technologieën. Van deze diensten, hoewel veelbelovend, wordt vaak weinig gebruikgemaakt vanwege hun complexiteit, gebrek aan expertise en onzekere opbrengsten. Het project ontwikkelde een nieuwe generatie "zelfbewuste" machines, waarin digitale tweelingen, AI, kennisbeheer en augmented reality bij elkaar komen. Deze systemen verzamelen realtime gegevens, verwerken deze via cognitieve modellen en stellen optimale onderhouds- en productiestrategieën voor. Een gebruikersgerichte aanpak zorgde voor afstemming met de werkelijke operationele behoeften. Het resultaat: meer betrouwbaarheid van de machine, minder stilstand en slimmere beslissingen op het gebied van ontwerp, operatie en logistiek.

**Biesse Group***Italië*

Digitale tweeling voor de hout- en meubelsector: Biesse Group gebruikt B\_SOLID, een digitale tweelingsoftware die CNC-houtbewerkingsmachines in 3D simuleert. Het maakt virtueel testen van bewerkingsprocessen mogelijk, waardoor fouten worden voorkomen, gereedschapstrajecten worden geoptimaliseerd en de productie-efficiëntie wordt verbeterd. Deze innovatie verbetert de productkwaliteit, vermindert afval en ondersteunt predictief onderhoud in de houtmeubelindustrie.

**TuMeke Ergonomics***Verenigde Staten*

Door AI aangestuurde platforms voor risicobeoordeling: Het door AI aangestuurde platform van TuMeke maakt realtime toezicht op de houding en bewegingen op de werkplek mogelijk met behulp van computervisie, waardoor ergonomische risico's automatisch worden geïdentificeerd. Het centraliseert gegevens over meerdere locaties in een uniform dashboard, waardoor inconsistenties worden geëlimineerd en gestandaardiseerde beoordeling mogelijk wordt. Het systeem geeft directe waarschuwingen bij gevaarlijk gedrag (zoals onveilig tillen of repetitieve bewegingen), waardoor tijdige interventies mogelijk zijn. Het versnelt risicobeoordelingen tot wel 20 keer vergeleken met traditionele methoden en vermindert letsel met wel 68%, wat de veiligheid op de werkplek verbetert.

**BMW Group***Duitsland*

Innovatieve 3D-menselijke simulatie om toekomstige productie te plannen en te trainen: BMW Group Plant Regensburg gebruikt geavanceerde "3D menselijke simulatie" technologie geïntegreerd in de digitale tweeling van de fabriek om de productie van de nieuwe NEUE KLASSE-voertuiggeneratie jaren vooruit te plannen. Deze digitale simulatie reproduceert niet alleen getrouw de fabrieksomgeving en assemblagelijnen, maar ook de bewegingen en taken van operators, waardoor ergonomische analyses en workflowoptimalisaties mogelijk zijn. Operators kunnen ook vroegtijdig met een VR-bril worden getraind die hen onderdompelen in een realistische virtuele omgeving, wat de efficiëntie en veiligheid verbetert voordat de daadwerkelijke productie begint. Dit project markeert een belangrijke stap richting BMW's intelligente, verbonden fabriek van de toekomst, waarbij planningstijd en kosten worden verminderd en de kwaliteit van het menselijk werk op de werkvloer worden verbeterd.

# Producttraceerbaarheid in de meubelsector via het Digitale Productpaspoort (DPP)



1



2

## BASIC REQUIREMENTS OF THE DIGITAL PRODUCT PASSPORT (DPP)

- GENERAL REQUIREMENTS**
- A DPP must exist and meet core compliance criteria
  - It must be uniquely linked to a product
  - A backup copy has to be stored by a third-party
  - The passport must remain available throughout the product's lifetime

- ACCESS REQUIREMENTS**
- Access must be enabled via a unique product identifier in a data carrier (e.g. QR code)
  - The identifier and data carrier must be shared with dealers and online marketplaces
  - Differentiated access to data is required

- DATA REQUIREMENTS**
- DPPs must include mandatory data from delegated acts
  - Data must be reliable, accurate, and verified
  - The unique identifier has to follow standardized formats
  - A copy must be uploaded to an EU web portal

Implementatiemoeilijkheid: **Hoog**Economische levensvatbaarheid: **Gemiddeld**

# Producttraceerbaarheid in de meubelsector via het Digitale Productpaspoort (DPP)



## Beschrijving

Producttraceerbaarheid verwijst naar het vermogen om de oorsprong, geschiedenis en beweging van een product en de componenten ervan door de gehele waardeketen te volgen. Het is een belangrijke facilitator van duurzame productie, naleving van regelgeving en transparantie voor consumenten. In deze context komt het Digitale Productpaspoort (DPP) naar voren als een centraal instrument om productgerelateerde gegevens gedurende de levenscyclus te structureren en te delen. Het DPP is een kernonderdeel van de EU-verordening ESPR (Eco-ontwerp voor duurzame producten), gericht op het verbeteren van transparantie, circulariteit en duurzaamheid. Hoewel het DPP zelf geen technologie is, is de implementatie ervan afhankelijk van een set digitale tools die gestructureerde, veilige en realtime gegevensuitwisseling mogelijk maken.

Centraal in het DPP staan technologieën die het mogelijk maken elk fysiek product uniek te identificeren en digitaal te koppelen aan geverifieerde informatie. Hierbij gaat het om:

**QR-codes, barcodes, RFID- of NFC-tags**, die fungeren als gegevensdragers die in het product zijn ingebouwd om veilige toegang tot de digitale identiteit te waarborgen;

**Cloudgebaseerde platformen**, die gestructureerde levenscyclusgegevens veilig beheren en opslaan;

**Blockchain technologieën**, die gegevensintegriteit, transparantie en authenticatie kunnen bieden;

**Digitale tweelingsystemen**, die een virtuele weergave van elk product creëren, informatie geven over wat het is, wie er controle over heeft, waar het zich geografisch bevindt in de toeleveringsketen, en voortdurend worden bijgewerkt met gegevens over materialen, processen en duurzaamheidsindicatoren.

Deze technologieën maken veilige verzameling en gecontroleerde uitwisseling van een breed scala aan informatie mogelijk, zoals de inkoop van grondstoffen, productiedetails, de ecologische voetafdruk, gerecyclede content, veiligheidsnaleving, reparatie-instructies en opties voor levensduureinde.

### 1 DPP – Informatie-uitwisseling

Consumenten, toezichthouders en schakels in de toeleveringsketen kunnen direct toegang krijgen tot geselecteerde gegevens door een code te scannen of te communiceren met een digitale interface.

### 2 DPP – QR-codetechnologie

De ESPR definieert minimale eisen voor de implementatie van het DPP, waaronder een unieke productidentificatie, interoperabiliteit met andere systemen, gegevens-

nauwkeurigheid en -verificatie, en gedifferentieerde toegangsniveaus. Een back-upkopie moet veilig worden opgeslagen door een vertrouwde externe aanbieder, en het DPP moet gedurende de hele levensduur van het product beschikbaar blijven.

**3 DPP - Basisvereisten** In de meubelsector, waar materialen en componenten vaak uit diverse bronnen komen, bieden door DPP ondersteunde technologieën een robuust kader voor het beheren van traceerbaarheid. Ze faciliteren de naleving van EU-wetgeving, waaronder de Algemene Verordening Productveiligheid (GPSR), de EU-omkoopingsverordening (EUDR) en REACH, terwijl ze een duurzamer productontwerp en transparante communicatie met consumenten mogelijk maken.

Het is belangrijk op te merken dat meer gedetailleerde informatie over de vereisten van DPP's door de EU in de komende maanden in het kader van gedelegeerde wetgevingshandelingen zal worden gepubliceerd.

Samenvattend wordt het DPP mogelijk gemaakt door een technologisch ecosysteem dat fysieke producten verbindt met hun digitale identiteit, waardoor traceerbaarheid niet alleen haalbaar maar ook centraal staat voor toekomstbestendige, kringloopgerichte en conforme toeleveringsketens.



## Toepassing

Stelt u zich voor dat u de QR-code van een stoel scant en meteen ontdekt waar de materialen vandaan komen, hoe hij gemaakt is, hoe lang hij meegaat en hoe u hem aan het einde van zijn levensduur kunt recyclen.

### 4 DPP - Toepassing op de meubelsector

Dit is de belofte van het Digitale Productpaspoort (DPP) in de meubelsector. Ontworpen om duurzaamheid, transparantie en traceerbaarheid te verbeteren, wordt het DPP een essentieel instrument voor bedrijven die de principes van de kringlooeconomie en grotere milieuverantwoordelijkheid een warm hart toedragen.

### 5 DPP - Traceerbaarheid & Innovatie

### 6 DPP - LCA & kringloopgericht

## Traceerbaarheid van materialen en productietransparantie

Met het DPP wordt elk meubelstuk een gedocumenteerd verhaal. Materialen kunnen worden herleid tot verantwoord beheerde of gerecyclede bronnen, en hun ecologische voetafdruk wordt zichtbaar. Een eenvoudige scan geeft consumenten toegang tot inkoopgegevens, toeleveringsketens en productiegegevens. Het laat ook

## Producttraceerbaarheid in de meubelsector via het Digitale Productpaspoort (DPP)

zien hoeveel CO<sub>2</sub> er tijdens de productie is vrijgekomen en welke componenten kunnen worden gerecycled of hergebruikt.

### Certificeringen, normen en naleving van regelgeving

Het DPP kan relevante certificeringen bevatten met betrekking tot productkwaliteit, veiligheid en milieuprestaties, zoals materialen met lage uitstoot of brandwerendheid. In de context van veranderende Europese regelgeving ondersteunt het paspoort wettelijke naleving, vermindert risico's en versterkt het de geloofwaardigheid van een bedrijf in duurzaamheidsrapportage.

### Duurzaamheid en milieu-impact meten

Bedrijven kunnen het DPP gebruiken om de milieuprestaties van hun producten te monitoren en te communiceren. Dit omvat gegevens over energieverbruik, koolstofemissies en kringloopindicatoren zoals recyclebaarheid of composteerbaarheid. Het zichtbaar maken van deze informatie ondersteunt geïnformeerd inkopen en versterkt de ecologische waarde van het merk.

### Onderhoud, garantie en productverzorging

Consumenten kunnen eenvoudig onderhoudsinstructies, handleidingen en details over reserveonderdelen raadplegen. In de loop van de tijd kunnen reparatiegeschiedenis en onderhoudsgegevens aan het paspoort worden toegevoegd, waardoor het een dynamische tool wordt voor predictief onderhoud. Dit verlengt de levensduur van het product en stimuleert reparatie in plaats van vroegtijdige vervanging.

### Advies over beheer en recycling aan het einde van de levensduur

Het DPP geeft duidelijke demontage-instructies en identificeert materialen, waardoor onderdelen gemakkelijker worden gescheiden voor recycling. Dit vereenvoudigt de inzameling, verhoogt de recyclingefficiëntie en ondersteunt kringloopgericht beheer van hulpbronnen.

### Ondersteuning van bedrijfsmodellen die zijn gericht op de kringloop en hergebruik

Door een traceerbaar digitaal verslag van de levensduur van een product bij te houden, ondersteunt het DPP innovatieve bedrijfsmodellen zoals leasen, terugkoopprogramma's, doorverkoop van gebruikte meubels en renovatie. Het paspoort kan worden bijgewerkt telkens wanneer een product wordt gerepareerd of aangepast, waardoor de waarde en bruikbaarheid behouden blijven over meerdere levenscycli.

### Consumenten met transparante informatie bij het paspoort betrekken

Transparantie versterkt het vertrouwen van consumenten. Het DPP biedt directe toegang tot geverifieerde informatie over productsamenstelling, herkomst en duurzaamheid. Dit stelt klanten in staat bewuste, verantwoorde keuzes te maken en ondersteunt een verschuiving naar meer ethische consumptiepatronen.

### Optimaliseren van voorraad- en productieplanning

Wanneer het DPP wordt geïntegreerd in digitale systemen zoals ERP-platforms, verbetert het de gegevensstroom tussen afdelingen. Nauwkeurige, realtime informatie over elk product helpt de voorraad te optimaliseren, de productie af te stemmen op de vraag en verspil in logistieke en toeleveringsketenactiviteiten te verminderen.



### Implementatieaspecten

#### ■ Implementatiemoeilijkheid: Hoog

De implementatie van het Digitale Productpaspoort (DPP) in de meubelsector is onzeker en complex. Verschillende technologieën (bijv. blockchain, ecosystemen voor gegevensdiensten) moeten worden geëvalueerd om interoperabiliteit en integratie van het DPP in bestaande systemen te kunnen waarborgen. Extra uitdagingen ontstaan door de structuur van de sector: onder het midden- en kleinbedrijf (mkb) lopen de niveaus van digitale paraatheid uiteen en is er sprake van een sterk gefragmenteerde toeleveringsketen met tal van leveranciers en onderaannemers. Effectieve toegangscontrole, gegevensbeveiliging en verificatiemechanismen zijn ook essentieel.

#### ■ Economische levensvatbaarheid: Gemiddeld

De economische levensvatbaarheid van het Digitale Productpaspoort (DPP) in de meubelsector kan als gemiddeld worden beschouwd, aangezien de initiële kosten voor de toepassing van nieuwe technologieën, personeelstraining en upgrades van IT-systemen aanzienlijk zijn, vooral voor het mkb. Op middellange tot lange termijn biedt het DPP echter duidelijke economische voordelen: verhoogde efficiëntie, toegang tot duurzaamheidsgerichte markten, een verbeterd merkimago en afvalvermindering. Collaboratieve modellen voor de toeleveringsketen en publieke prikkels kunnen de economische duurzaamheid van het initiatief verder verbeteren.

### ■ Menselijke factoren

De implementatie van het Digitale Productpaspoort (DPP) in de hout- en meubelsector omvat meer dan alleen technologische innovatie; het vereist een mensgerichte transformatie. Werknemers spelen een centrale rol in deze transformatie, en hun vermogen om zich aan te passen, te leren en actief met nieuwe systemen om te gaan is een doorslaggevende factor voor het succes van het DPP.

Om aan deze nieuwe eisen te voldoen, moeten professionals een breed scala aan digitale vaardigheden ontwikkelen. Hierbij gaat het om technologische vaardigheid, bewustzijn van gegevensbeveiliging en een sterke basis in ICT-tools, gegevensverwerking en digitale documentatieprocessen.

Het beheersen van technologie is echter slechts een deel van het verhaal.

De verschuiving naar digitale processen vraagt ook om soft skills zoals aanpassingsvermogen, analytisch denken, samenwerking en effectieve communicatie. Dit alles is cruciaal voor het bevorderen van afstemming tussen digitale workflows en realistische praktijken. Een belangrijke menselijke overweging is de noodzaak om een mentaliteit van continu leren te bevorderen.

Naarmate digitale tools en systemen zich ontwikkelen, moeten werknemers worden ondersteund door toegankelijke trainingen, mentoring en peer-learninginitiatieven, vooral voor degenen die minder vertrouwd zijn met digitale technologieën.

Het stimuleren van continu leren zorgt ervoor dat iedereen vol vertrouwen kan deelnemen aan innovatie in plaats van achterop te blijven.

Het is ook belangrijk om de emotionele en psychologische aspecten van verandering aan te pakken. Digitalisering kan leiden tot onzekerheid, weerstand of angst, vooral als de transformatie van bovenaf wordt opgelegd, te technisch of losstaand van dagelijkse behoeften aanvoelt. Daarom is het opbouwen van een ondersteunende, inclusieve organisatiecultuur cruciaal. Werknemers moeten betrokken zijn bij het overgangs-

proces, zich gehoord voelen en een gevoel van handlingsbekwaamheid, erkenning en groeimogelijkheden krijgen.

Uiteindelijk hangt het succes van het DPP niet alleen af van de geïntroduceerde tools, maar ook van de mate waarin personen worden getraind, betrokken en in staat gesteld om met deze tools te werken als onderdeel van hun veranderende rol binnen de organisatie.

### ■ Omgevingsfactoren

De introductie van het Digitale Productpaspoort (DPP) in de hout- en meubelsector markeert een belangrijke stap richting meer ecologische duurzaamheid. Deze digitale tool maakt het mogelijk om tijdens de levenscyclus van een product gedetailleerde informatie te verzamelen, volgen en uit te wisselen, van grondstoffen tot productie, distributie, gebruik en levensduureinde. In deze context spelen omgevingsfactoren een centrale rol, die direct invloed hebben op hoe producten worden ontworpen, geproduceerd en afgevoerd.

Via het DPP kunnen bedrijven belangrijke milieu-indicatoren monitoren en rapporteren, zoals de ecologische voetafdruk, energieverbruik, recyclebaarheid van materialen, de aanwezigheid van gevaarlijke chemicaliën en welke kringloopmogelijkheden er bestaan. Deze gegevens maken niet alleen een betere beoordeling van de milieu-impact van een product mogelijk, maar stimuleren ook meer verantwoorde praktijken en milieuvriendelijke ontwerpstrategieën.

Bovendien bevordert het DPP transparantie en verantwoording over de gehele waardeketen, van fabrikanten tot consumenten, waardoor meer geïnformeerde en op duurzaamheid gerichte aankoopbeslissingen mogelijk worden. Het verbetert ook het beheer van het levensduureinde door gemakkelijker toegang te bieden tot informatie over materialen en componenten, waardoor hergebruik, recycling of correcte afvoer mogelijk wordt. De milieuduurzaamheid van DPP-systemen zelf moet echter ook kritisch worden geëvalueerd, rekening houdend met de digitale infrastructuur, gegevensbeheer en hardware-afhankelijkheden die hun implementatie ondersteunen.

5



## Producttraceerbaarheid in de meubelsector via het Digitale Productpaspoort (DPP)

DPP's vertrouwen op productspecifieke identificaties, zoals RFID-tags, QR-codes en geïntegreerde IoT-sensoren, die gekoppeld zijn aan cloudgebaseerde databases en gecentraliseerde of blockchain-informatiesystemen. De productie van deze digitale identificaties en tags bestaat uit plastic, siliciumgebaseerde chips, antennes en in sommige gevallen batterijen. Dit roept zorgen op over het gebruik van hulpbronnen, elektronisch afval en giftige materialen, vooral wanneer DPP's op grote schaal bij miljoenen producten worden ingezet.

Bovendien brengt de gegevensinfrastructuur die DPP's ondersteunt, zoals servers of cloudplatforms, een aanzienlijk gebruik van hulpbronnen en een aanzienlijke vraag naar energie- en water met zich mee. Op blockchain gebaseerde DPP-systemen bieden transparantie en onveranderlijkheid van gegevens, maar krijgen kritiek vanwege hun hoge energie-intensiteit. Zelfs cloudgebaseerde of hybride benaderingen omvatten continue gegevenstransmissie, opslag en beveiligingsoperaties, die bijdragen aan de milieu-impact van digitale toeleveringsketens.

### ■ Afstemming op certificeringen en regelgeving

Het DPP in de meubelsector moet in overeenstemming zijn met EU-regelgeving zoals de **Ecodesign-verordening voor duurzame producten (ESPR)**, **REACH-verordening (inclusief formaldehydebeperkingen)**, de **Algemene Verordening Productveiligheid (GPSR)**, de **EU-ontbossingsverordening (EUDR)** en de criteria voor **Groene overheidsopdrachten (GPP)**.

Afhankelijk van het producttype kan een **CE-markering** van toepassing zijn. Vrijwillige regelingen zoals **FSC**, **PEFC**, **EU Ecolabelen** **EPD's** ondersteunen transparantie en zijn waardevol wanneer ze in het DPP voor duurzaamheid en compliance worden opgenomen.

Verwijzingen naar EU-regelgeving:

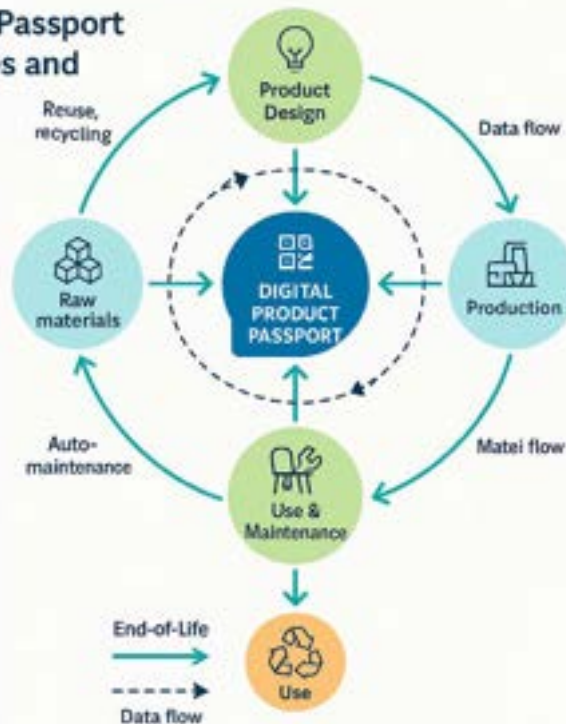
- Ecodesign-verordening voor duurzame producten (ESPR): ↪
- REACH-regelgeving (inclusief formaldehydebeperkingen): ↪
- Algemene Verordening Productveiligheid (GPSR): ↪
- EU-ontbossingsverordening (EUDR): ↪
- Criteria voor groene overheidsopdrachten (GPP): ↪

## How the Digital Product Passport supports traceability and innovation in furniture sector



6

## How the Digital Product Passport connects lifecycle phases and supports circularity



7

## Producttraceerbaarheid in de meubelsector via het Digitale Productpaspoort (DPP)



### Oplossingen



#### Blockchain

*EZ Lab*

*Italië* ↔

EZ Lab ontwikkelde het Made in Block-platform om digitale paspoorten voor meubelproducten te creëren, waarbij blockchaintechnologie wordt gebruikt om traceerbaarheid en onveranderlijkheid van gegevens in de hele productieketen te waarborgen. Het scannen van een QR-code op het product geeft toegang tot informatie over productie, herkomst van grondstoffen en duurzaamheidscertificeringen, wat transparantie waarborgt en ondersteuning biedt voor toekomstige naleving van de ESPR (Ecodesign-verordening voor duurzame producten).



#### QR-code

*ScanTrust*

*Zwitserland* ↔

ScanTrust biedt een op QR CODE gebaseerde oplossing ter ondersteuning van de implementatie van het Digitale Productpaspoort (DPP). Het platform stelt fabrikanten in staat elk product te koppelen aan een dynamische, veilige en traceerbare QR-CODE die aansluit bij een digitaal profiel met gedetailleerde informatie over materiaalherkomst, duurzaamheid, productieproces, gebruiksinstructies, reparatie, hergebruik en recycling.



#### NFC (Near Field Communication)

*Smartrac (Avery Dennison)*

*Nederland* ↔

Smartrac, onderdeel van de Avery Dennison-groep, biedt NFC-oplossingen (Near Field Communication) om producten te volgen en de interactie met consumenten te verbeteren. Hun NFC-technologie wordt gebruikt om gepersonaliseerde ervaringen te creëren en gedetailleerde informatie over producten te verstrekken, zoals hun herkomst, authenticiteit en duurzaamheidsgegevens. NFC-tags stellen consumenten in staat om eenvoudig via smartphones met producten te communiceren, waarbij ze exclusieve content of extra informatie kunnen raadplegen door hun apparaat dicht bij het product te houden.



#### Cloudgebaseerd platform

*WOOD.BE*

*België* ↔

WOOD.BE ontwikkelt in samenwerking met TripleR.io FurniPASS, een digitaal productpaspoort op maat voor de meubelsector. Als onderdeel van het Belgische "BBBC 2023"-initiatief heeft het project als doel een werkend prototype te creëren dat aansluit bij de aanstaande ESPR-eisen. FurniPASS richt zich op belanghebbenden door de hele waardeketen (fabrikanten, recyclers, consumenten en instellingen) en omvat activiteiten zoals het in kaart brengen van de toeleveringsketen, richtlijnen voor eco-ontwerp en testen in een demo-omgeving. Het project loopt van 2024 tot medio 2026 ↔



#### Digitale tweeling

*HARTING*

*Duitsland* ↔

Steeds meer levensgebieden worden geëlektrificeerd en sectoren worden intelligent met elkaar verbonden. Om echte klimaatneutraliteit te bereiken, moeten bedrijven ook kritisch kijken naar de componenten van hun producten. Hier komt HARTING om de hoek kijken: de digitale tweeling is de sleutel tot het bepalen van de duurzaamheidsinformatie van een goed in de context van digitalisering. Het DPP verrijkt de digitale tweeling met uitgebreide gegevens over elk productonderdeel en maakt deze traceerbaar.



## Voorbeelden



### R-evolve EU-project

Italië



R-evolve is een Horizon Project, dat door de EU wordt gefinancierd, en tot doel heeft de overgang naar een kringlooeconomie in de Europese meubelsector te versnellen. Het initiatief streeft ernaar kringloopgerichte bedrijfsmodellen, duurzaam ontwerp, het gebruik van biogebaseerde of gerecyclede materialen en digitale tools zoals het Digitale Productpaspoort (DPP) te integreren. "R-evolve" betreft de gehele meubeltoeleveringsketen, inclusief particuliere, zakelijke en publieke consumenten, en voert negen pilotprojecten uit met fabriekanten, winkeliers en dienstverleners in heel Europa om de voorgestelde innovaties te testen.

Om een blijvende impact te waarborgen, is "R-evolve" van plan praktische richtlijnen, trainingsmateriaal en een Community of Practice te ontwikkelen om de uitwisseling van kennis en best practices over een kringloopgerichte overgang tussen de verschillende belanghebbenden in de toeleveringsketen te faciliteren, gecoördineerd door Federlegno Arredo.



### System 180 GmbH

Duitsland



System 180 is een Duits bedrijf dat meubels ontwerpt en produceert voor hedendaagse werk- en woonruimtes. Als onderdeel van het inmiddels afgeronde project "Door AI ondersteunde voorwerpdetectie voor het verhogen van de hulpbronnefficiëntie" droeg het bedrijf bij aan de ontwikkeling van een kringlooeconomisch model door de efficiëntie van hulpbronnen in de meubelproductie te verbeteren. Het project richtte zich op het implementeren van computervisietechnologieën voor de detectie en classificatie van meubelcomponenten en hun staat. Een belangrijk resultaat was de integratie van deze voorwerpgegevens in het Digitale Productpaspoort (DPP), waardoor nauwkeurigere traceerbaarheid, verbeterd hergebruik en op gegevens gebaseerde besluitvorming gedurende de productlevenscyclus mogelijk werden.



### NORNORM

Denemarken



NORNORM is de op technologie gebaseerde, kringloopgerichte meubelverhuurdienst die met flexibele oplossingen afval van grondstoffen minimaliseert voor de veranderende behoeften van werkruimtes. Het kringlooppaspoort van NORNORM gebruikt QR-codes op elk meubelstuk, waardoor gebruikers toegang krijgen tot productspecificaties, gegevens over de ecologische voetafdruk en de gebruiksgeschiedenis van het artikel. Daarnaast kunnen ze er problemen mee melden. Deze tool verbetert de klantenservice door het rapporteren van problemen mogelijk te maken en ondersteunt de toewijding van het bedrijf aan kringloopmogelijkheden door transparante tracking tijdens de levenscyclus. ➔



### AkzoNobel Protective Coatings

Nederland



AkzoNobel Protective Coatings heeft een veilige traceerbaarheidsoplossing geïntroduceerd om namaak tegen te gaan en de digitale communicatie met klanten te verbeteren. Elke lakverpakking is voorzien van een unieke, veilige QR-code die directe verificatie van productauthenticiteit via smartphone mogelijk maakt. Bij het scannen worden gebruikers doorverwezen naar een speciale digitale ruimte waar ze regio-specifieke productgegevens, veiligheidsdocumenten en aanwijzingen voor het aanbrengen kunnen raadplegen. Een gecentraliseerd dashboard volgt interacties in real time en biedt inzicht in klantgedrag en voorkeuren. Door over te stappen van papieren naar digitale documentatie verbetert het systeem niet alleen de transparantie en gebruikerservaring, maar vermindert het ook de milieubelasting en ondersteunt het naleving van regelgeving.



### Tonin Casa

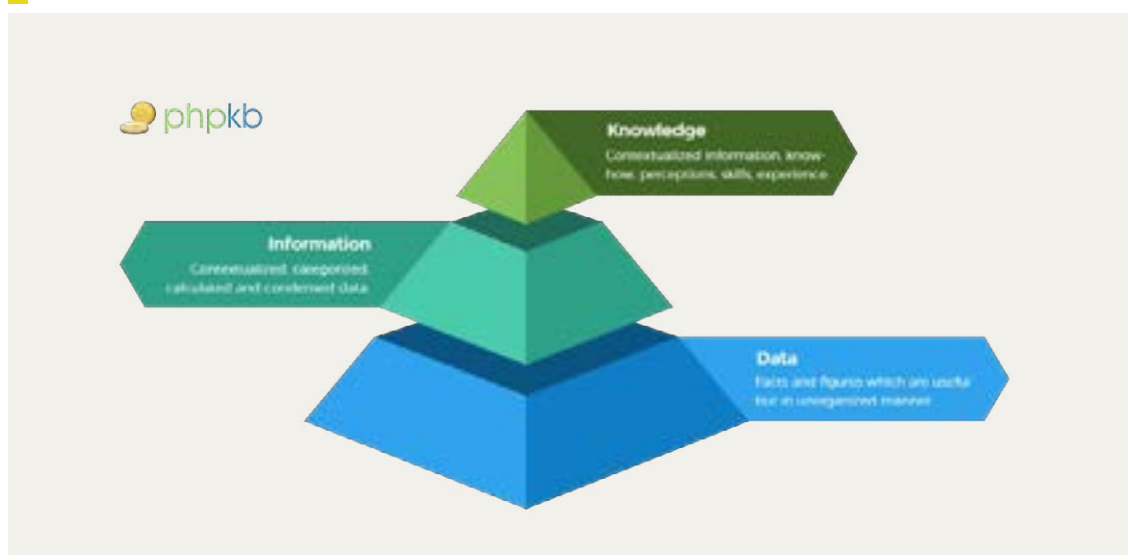
Italië



Tonin Casa, een Italiaans meubelmerk met meer dan 45 jaar ervaring, heeft een Digitaal Productpaspoort geïntegreerd met blockchaintechnologie om transparantie en traceerbaarheid te vergroten. Dit initiatief ondersteunt de toewijding van het bedrijf aan authentiek Made in Italy-vakmanschap en bereidt zich voor op de aanstaande EU-regelgeving inzake duurzaamheid. Tijdens de Salone del Mobile toonden producten zoals de Lisa-stoel hun volledige productieproces via QR-codes, waardoor gebruikers gedetailleerde informatie over materialen, veiligheid en herkomst konden raadplegen.



1





## Datawetenschap toegepast op meubelproductie

van het vervaardigde product door realtime toezicht op het productieproces; het toepassen van foutdetectiealgoritmen om machinestoringen vóór te zijn en storingen te voorkomen, wat leidt tot predictief onderhoud; of het verminderen van energieverbruik via energiebeheeralgoritmen, herplanning en optimalisatieprocessen.

Naast het optimaliseren van bedrijfsvoering en productontwerp kunnen gegevens ook worden ingezet om de ontwikkeling van het personeel te verbeteren via **op gegevens gebaseerde training**. Deze aanpak is een andere strategische toepassing van datawetenschap binnen organisaties. Door prestatie-indicatoren van werknemers, werkanalysegegevens, financiële beperkingen en input van belanghebbenden te analyseren, kunnen bedrijven trainingsprogramma's ontwerpen die gericht, efficiënt en afgestemd zijn op de bedrijfsdoelstellingen. Op gegevens gebaseerde training stelt ontwikkelingsteams in staat vaardigheidstekorten te identificeren, de voortgang in real time te monitoren en de effectiviteit van trainingsinterventies te evalueren. Het gaat niet alleen om betere content, maar ook om slimmere, op bewijs gebaseerde beslissingen die leerresultaten direct aan bedrijfsprestaties koppelen.



### Toepassing

Zoals hierboven aangegeven, zijn er veel manieren waarop gegevensverwerkende technologieën in de meubelsector kunnen worden toegepast. Beschikbare gegevensbronnen kunnen worden gecombineerd en benut via diverse technieken en bieden de bedrijven verbeteringen op verschillende gebieden. Deze ontwikkelingen omvatten:

- Toepassingen gericht op **het optimaliseren van de operationele efficiëntie van het productieproces** door middel van op IoT gebaseerde bewaking, gegevensanalyse en automatiseringen. Deze technologieën kunnen worden gebruikt voor continue en gedetailleerde supervisie van productieprocessen, detectie van afwijkend gedrag, verbetering van industriële cyberbeveiliging en het opzetten van strategieën voor predictief onderhoud om stilstand te minimaliseren, de productiviteit en kwaliteit te verhogen en onderhoudskosten en afval te verminderen.
- 4. **Soorten onderhoud (Bron: GS)**
- Toepassingen voor het optimaliseren van **de toeleveringsketen van productie en distributie**. Verkoopvoorspellingen zijn cruciaal om op de vraag van eind- en zakelijke klanten in te spelen. Gegevensanalyse kan best verkochte producten, markttrends en klantgedrag identificeren om deze toekomstige vraag te voorspellen. Informatie afkomstig van ERP-systemen en verkoopbeleid kan ook worden geanalyseerd om klantrends te identificeren. Om deze voorspellingen precies te maken, is samenwerking nodig tussen de verkoop-, marketing-, operationele en logistieke teams. Zodra over de prognoses kan worden beschikt, kunnen ze worden toege-

3



past om de voorraden te optimaliseren (waarbij zowel tekorten als voorraadoverschotten worden voorkomen) en om productiekosten te minimaliseren. In combinatie met predictief onderhoud van de apparatuur en toepassingen voor kwaliteitscontrole kunnen potentiële problemen worden geïdentificeerd om **vertragingen te voorkomen**. Op vergelijkbare wijze kunnen ze, gecombineerd met algoritmen voor trajectoptimalisatie, helpen bij het optimaliseren van **logistiek en levering**, waardoor transport- en distributiekosten worden geminimaliseerd.

5 *Planning van de toeleveringsketen via voorspellende analyses*

- Toepassingen gerelateerd aan **duurzaamheid en afvalbeperking**, waaronder gegevensverwerking om automatisch de milieu-impact te beoordelen die samenhangen met de verschillende fasen in de levenscyclus van de producten, of de ecologische voetafdruk van de producten. Ze kunnen ook verwijzen naar een analyse van de afvalproductiepatronen, waarbij kansen worden geïdentificeerd om afval te verminderen en recycling te verhogen.
- Toepassingen gerelateerd aan **kwaliteitscontrole en inspectie**, gebaseerd op beeld- en sensorgegevens, verwerkt via machinaal leren (ML). Deze technologieën kunnen helpen om onregelmatigheden en defecten in producten automatisch te detecteren, zodat productkwaliteit vóór distributie wordt gegarandeerd.

6 *Schematisch diagram van systeem voor defectdetectie*

- Toepassingen gerelateerd aan het **ontwerpen en prototypes maken van producten**. **Generatieve ontwerp algoritmen** kunnen ontwerpers helpen bij het genereren van meerdere opties op basis van instructies en regels die door ontwerpers zijn vastgesteld, en bieden zo nieuwe modelleringsbenaderingen. De technologieën maken het ook mogelijk om nieuwe

ontwerpen te genereren aan de hand van eerdere, gebaseerd op de natuur, met complexe vormen of het modelleren van op maat gemaakte producten. Ze kunnen een breed scala aan resultaten opleveren, waardoor parameters zoals materialen, afmetingen of functionaliteit kunnen worden aangepast.

- Toepassing voor **marketing en verbetering van de klantervaring**. Gegevensanalyse kan worden toegepast op klantprofielen om gepersonaliseerde productaanbevelingen te doen, marketingcampagnes op maat te maken en de klantenservice in het algemeen te verbeteren. Taaltechnologie (NLP in het Engels) en chatbottechnologieën bieden de mogelijkheid om 24/7-klantenservice te bieden.

4





## Implementatieaspecten

### ■ Implementatiemoeilijkheid: Laag tot gemiddeld

Gezien de brede aard van oplossingen met betrekking tot gegevensverwerking in de productie, is het moeilijk om de implementatiemoeilijkheid ervan te beoordelen. Over het algemeen zijn er stabiele technologieën die goede oplossingen bieden om verschillende aspecten van het proces met lage moeilijkheidsgraad te verbeteren. Als de oplossing algoritmen voor kunstmatige intelligentie bevat, ligt een van de grootste moeilijkheden in het leveren van voldoende nauwkeurige gegevens om de algoritmen te trainen.

### ■ Economische levensvatbaarheid: Gemiddeld tot hoog

De kosten voor de implementatie van de oplossing hangen af van softwarelicenties, ontwikkelings- of personalisatiekosten, en vooral van de uiteenlopende hardwarebehoeften (die kunnen variëren van goedkope IoT-apparaten tot robotica of geautomatiseerde machines). In elk geval moet een economische levensvatbaarheidsanalyse worden uitgevoerd om de economische voordelen en kostenreducties te beoordelen (door optimalisatie van onderhoud, voorraadminimalisatie, enz.) en het rendement op de investering van de inzet te berekenen.

### ■ Menselijke factoren

Gegevensverwerkingstechnologieën kunnen bepaalde zorgen oproepen bij de werknemers, zoals angst voor hun baan en privacykwesties. Werknemers kunnen vrezen dat deze nieuwe technologieën, zoals automatisering of kunstmatige intelligentie, hun baan in gevaar zullen brengen. Deze technologieën kunnen echter ook nieuwe banen creëren, zoals de bediening en het onderhoud van nieuwe machines of het begrijpen

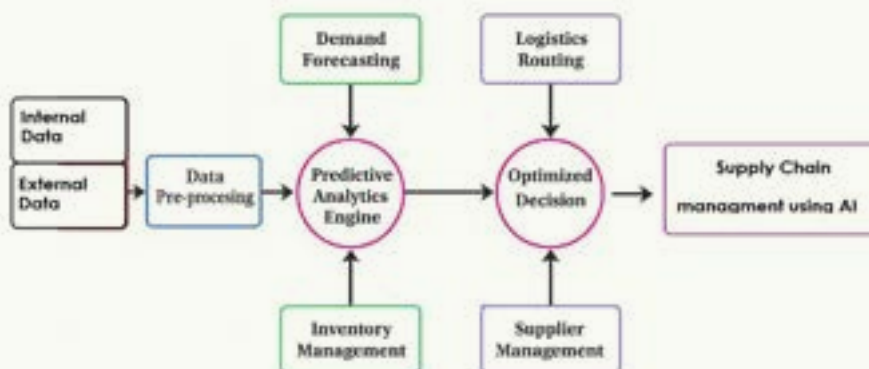
en benutten van gegevensanalyse. Om een soepele overgang te bevorderen, is het cruciaal om proactief te communiceren dat deze tools zijn ontworpen om menselijke expertise te ondersteunen, niet te vervangen. Trainingsprogramma's kunnen werknemers helpen zich aan te passen aan nieuwe kansen en het verlies van banen te beperken.

Wat privacy betreft, houdt het gebruik van gegevensanalyse in dat grote hoeveelheden gegevens worden verzameld en verwerkt, waaronder persoonlijke informatie van de werknemers. Het is essentieel om ervoor te zorgen dat de verzamelde informatie ethisch en in overeenstemming met privacywetgeving wordt behandeld. Een duidelijk begrip van welke informatie wordt verzameld, hoe deze gebruikt zal worden en het doel van zo'n analyse zal ook gunstig zijn voor de acceptatie van deze oplossingen. Transparantie, geïnformeerde toestemming en naleving van de AVG zijn essentiële pijlers van ethisch gegevensbeheer.

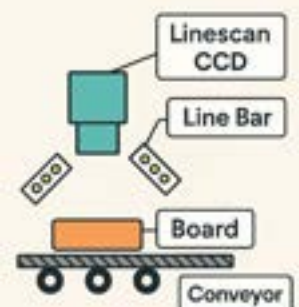
Tegelijkertijd kunnen gegevensverwerkingstechnologieën ook de werkomstandigheden verbeteren door hun veiligheid te verbeteren door potentiële gevaren te voorspellen en ongevallen te voorkomen wanneer toezicht wordt gehouden op de installaties. Ze kunnen ook de ergonomie verbeteren en fysieke belasting verminderen door risicovolle of repetitieve taken te automatiseren of optimaliseren.

Samenvattend hangt de succesvolle implementatie van gegevensverwerkingstechnologieën niet alleen af van technische implementatie, maar ook van het opbouwen van digitaal vertrouwen, het beschermen van werknemersrechten en het integreren van mensgericht ontwerp in systemen en workflows.

5



6



## ■ Omgevingsfactoren

Er zijn verschillende omgevingsfactoren die de toepassing van gegevensverwerkingstechnologieën in de sector ondersteunen.

Deze technologieën kunnen er bijvoorbeeld voor zorgen dat de hulpbronnen efficiënter worden gebruikt. Gegevensverwerkingstechnologieën hebben de capaciteit om het gebruik van materialen te optimaliseren, afval te verminderen en de ecologische voetafdruk van productieprocessen te minimaliseren. De analyse van productiegegevens maakt het mogelijk om gebieden te identificeren waarin hulpbronnen efficiënter kunnen worden ingezet. Bovendien maakt bewaking van machines en productiefaciliteiten een beter beheer van het energieverbruik mogelijk, waardoor hun efficiëntie toeneemt en de uitstoot van broeikasgassen wordt verminderd.

Deze technologieën ondersteunen ook de implementatie van eco-design, waarbij de impact van de verschillende processen gedurende de gehele levenscyclus van producten en materialen wordt beoordeeld, evenals de principes van kringlooeconomie, waarbij ze door de hele toeleveringsketen worden gevolgd en hun recycling- en upcyclingprocessen worden vergemakkelijkt. Afval kan ook efficiënter worden beheerd door het bronnen en soorten afval vast te stellen voor geoptimaliseerde recycling- en afvoeractiviteiten.

Tot slot kunnen gegevensverwerkingstechnologieën fabrikanten helpen bij hun naleving van milieuregeling, door het vereenvoudigen en automatisch genereren van rapporten over diverse milieumetingen en -indicatoren, en het ondersteunen van de milieucertificeringsprocessen en de naleving van industriestandaarden. Echter, in de kern van gegevensverwerking ligt een fysieke infrastructuur van servers, opslagapparaten, netwerkapparatuur en koelsystemen, meestal gevestigd in gecentraliseerde of edge-datacentra. Deze faciliteiten hebben een aanzienlijke hoeveelheid elektriciteit en water nodig om te functioneren, niet alleen voor rekenen, maar ook om koeling te behouden en redundan-

tie te waarborgen. De hardwareproductiefase brengt ook aanzienlijke milieukosten met zich mee tijdens de mijnbouw en raffinage van de gebruikte materialen (metalen, zeldzame aardmetalen, enz.) en componenten (elektronica, enz.). Bovendien verergeren snelle verouderingscycli in IT-hardware (vaak 3–5 jaar) de productie van e-afval. Vanwege hun complexiteit wordt veel daarvan niet goed gerecycled.

Een van de meest energie-intensieve toepassingen van gegevensverwerking is AI en machinaal leren, maar een groeiend impactgebied is gegevensopslag en redundantie. Deze opgeslagen maar ongebruikte informatie draagt bij aan de serverbelasting en het energieverbruik zonder waarde toe te voegen.

## ■ Afstemming op certificeringen en regelgeving

Afstemming op certificeringen en regelgeving

Er zijn verschillende regels en certificeringen die van toepassing zijn op de meubelindustrie en die gekoppeld kunnen worden aan gegevensverwerkingstechnologieën. Ze kunnen fabrikanten bijvoorbeeld

- helpen te voldoen aan milieucertificeringen en regelgeving, zoals de EU-verordening voor duurzame producten (ESPR ) en het genereren van Digitale Productpaspoorten (DPP)
- De Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG ) moet worden meegenomen bij het beheren van de gegevens van klanten of werknemers.
- Normen voor cyberbeveiliging helpen de gegevensintegriteit te behouden en beveiligingslekken te voorkomen. (ISA/IEC 62443-normenreeks - ISA ) (NIS2-richtlijn: nieuwe regels voor cyberbeveiliging van netwerk- en informatiesystemen | Shaping Europe's digital future ) (Cyber Resilience Act | Shaping Europe's digital future). 



### Oplossingen



#### Predictief onderhoud van industriële machines

DRIBIA

Spanje ↔

Op machinaal leren gebaseerde detectie van afwijkend gedrag in machines met als doel de productiviteit te verhogen, afval te verminderen, de productkwaliteit te verbeteren en tijd en kosten te verminderen die gepaard gaan met reparaties, onderhoud, onderbrekingen en machine-uitval. Het systeem kan omstandigheden identificeren die niet optimaal zijn of tot uitschakeling van machines leiden.



#### Magazijnbeheersysteem

TESY-software

Italië ↔

TLog is een WMS-software die alle fundamentele entiteiten in de magazijnomgeving aanstuurt. De software bewaakt de acceptatie, het laden en leveren van producten, verbetert de prestaties van magazijnbeheer met intelligente product- en locatielabeling, beheert prioriteiten en versnelt processen en maximaliseert de efficiëntie van operators door te begeleiden bij het ophalen van materialen.



#### Optimalisatie van de toeleveringsketen

AIMMS

Nederland ↔

De toepassing SC Navigator voor het ontwerp van toeleveringsnetwerken maakt het mogelijk de huidige toeleveringsketen te visualiseren, stromen te optimaliseren en scenario's te simuleren waarbij rekening wordt gehouden met veranderingen in vraag, verstoringen op locaties en vervoerswijzen. De tool heeft als doel kosten, serviceniveaus en de ecologische voetafdruk te optimaliseren.



#### On-demand productie en automatisering van de toeleveringsketen

Lectra

Frankrijk ↔

Lectra biedt Furniture On Demand, een end-to-end oplossing voor het automatiseren van productie- en toeleveringsketenprocessen in de meubelsector. Het verbindt componenten van de snijkamer, automatiseert workflows en maakt besluitvorming op basis van gegevens mogelijk om efficiëntie en groei te vergroten. Het platform ondersteunt maatwerk en duurzaamheid door materiaalgebruik te optimaliseren en een flexibele, on-demand productie mogelijk te maken.



#### Realtime gegevensverwerking en onderlinge connectiviteit

Node-RED / Flowfuse

Verenigde Staten ↔

Node-RED / Flowfuse pakt belangrijke industriële IoT-uitdagingen in een visuele, flow-gebaseerde omgeving die integratie, beheer en automatisering van verbonden apparaten vereenvoudigt. Naadloze gegevensverzameling wordt mogelijk dankzij diverse sensoren, realtime analyses aan de rand, protocolvertaling en veilige cloudconnectiviteit, wat snelle ontwikkeling van schaalbare en onderhoudbare oplossingen mogelijk maakt.



#### Training op basis van gegevens voor gepersonaliseerd leren

Rapl

Verenigde Staten ↔

Rapl is een op gegevens gebaseerd trainingsplatform dat is ontworpen om de ontwikkeling van het personeelsbestand te versnellen door middel van gepersonaliseerd, prestatiegericht leren. Door gebruik te maken van algoritmes en analyses identificeert het vaardigheidstekorten en levert het gerichte content die is afgestemd op individuele behoeften. L&D-managers krijgen realtime inzicht in de voortgang van de leerlingen, waardoor op een precieze, impactvolle wijze kan worden ingegrepen. Rapl transformeert bedrijfstraining van passieve presentaties naar dynamische, meetbare leerervaringen. Het resultaat: vaardigheden worden sneller aangeleerd, verbeterde prestaties en een toekomstbestendig team.



Voorbeelden



**SIMON**

*Spanje*



GOIA is een op maat gemaakte tool voor het voorspellen van klantvraag. Deze combineert voorspelling met AI, waarbij zogenaamde "analyst in the loop"-tools worden gebruikt om rekening te houden met de ervaring en het beoordelingsvermogen van de operators. Dit verbetert de kwaliteit en het vertrouwen in de resultaten, evenals het vermogen om zich aan onverwachte problemen aan te passen.



**Blum**

*Oostenrijk*



Blum produceert scharnier-, lift- en geleidersystemen en de bijpassende assemblagegereedschappen voor de meubelindustrie. Vakmensen hebben een big data-infrastructuur ontwikkeld voor meerdere gebruiksscenario's in predictieve analyse en kwaliteitsborging voor een beter, op gegevens gebaseerd besluitvormingsproces, productieplanning en relevante inzichten in de toeleveringsketen.



**ABI Mouldings**

*Canada*



Dankzij MRPeasy, een voorraadbeheeroplossing, heeft ABI Mouldings in ongeveer twee jaar tijd een toename van ongeveer 75% in productievolume weten te realiseren. De app bleek een cruciale hulp te zijn in zowel in het beheer van de toeleveringsketen als voor het vooruitplannen van de productie.



**IKEA**

*Zweden*



IKEA Kreativ gebruikt AI en ruimtelijke computing om gebruikersfoto's om te zetten in bewerkbare 3D-kamermodellen. Het maakt gepersonaliseerde productvisualisatie mogelijk, ondersteunt generatief ontwerp voor interieurplanning en verbetert de klantervaring en marketingeffectiviteit, waardoor afval door fysieke prototypes wordt verminderd en aansluit bij trends in digitaal maatwerk.



**Unilin (+ Robovision)**

*België*



Unilin Group gebruikt door AI aangestuurde visiesystemen om subtiele defecten in laminaatplaten bij hoge snelheden (100/min) te detecteren, waardoor kwaliteitscontrole wordt geautomatiseerd, de opbrengst verhoogd en de efficiëntie verbeterd. Deep learning-modellen verbeteren voortdurend door te leren van nieuwe defect- en patroongegevens. Ze zijn gemakkelijk opnieuw te trainen en ondersteunen schaalbare implementatie over verschillende producten en lijnen.



**Amcor**

*Zwitserland*



Amcor, een wereldleider in het ontwikkelen en produceren van verantwoorde verpakkingen, verzamelde al veel gegevens van zijn 23 faciliteiten met een traditioneel SCADA-systeem. Maar een gebrek aan zichtbaarheid, standaardisatie en automatisering betekende dat het bedrijf niet genoeg waarde uit die gegevens wist te halen. Om betere productielijnprestaties te realiseren, heeft Amcor met behulp van het AVEVA System Platform een suite van productie-uitvoeringssystemen gemaakt, zodat teams productiegegevens consistent kunnen meten en volgen. Het is een uitstekend voorbeeld van hoe verzamelde gegevens beter benut kunnen worden door deze om te zetten in betekenisvolle inzichten.



Implementatiemoeilijkheid: **Laag tot gemiddeld**

Economische levensvatbaarheid: **Gemiddeld tot hoog**

## Interoperabiliteit tussen mens en machine



### Beschrijving

De digitalisering van de verwerkende industrie omvat technologieën zoals het Internet of Things (IoT), kunstmatige intelligentie (AI) en big data. Om bedrijven optimaal te laten profiteren van de mogelijkheden die deze technologieën bieden, moeten flexibele en gebruiksvriendelijke interfaces worden geïmplementeerd.

**1 Touchscreens voor productie.** *Bedenker: Leif Juergensen*  
| *Bron: Leif Juergensen Auteursrecht: Leif Juergensen.*

De implementatie van deze digitalisering brengt verschillende uitdagingen met zich mee:

- **Connectiviteit:** de omgeving presenteert heterogene gegevensbronnen, waaronder apparaten, machines of verouderde systemen, wat leidt tot de noodzaak om verschillende protocollen en indelingen te combineren om interoperabiliteit mogelijk te maken. Om deze uitdaging aan te pakken, spelen interoperabiliteitsstandaarden en ondersteunende technologieën zoals OPC UA (Unified Architecture), MQTT, LwM2M en REST API's een cruciale rol.
- **Kosten:** bij de digitale transformatie komen belangrijke initiële investeringen kijken in technologieën, softwarelicenties, infrastructuur, ontwikkelingen en gespecialiseerd personeel.
- **Schaalbaarheid:** digitale systemen moeten kunnen omgaan met de groeiende vraag – qua eisen, gegevens of verwerkingsbelasting.
- **Interactie met mensen:** HMI's en visualisatietechnologieën zijn fundamenteel voor de digitale transformatie van organisaties en vormen het verbindingspunt tussen gebruikers en technologieën. De betrouwbaarheid van deze HMI's moet worden gegarandeerd (via redundantie, failsafe mechanismen, UI/UX-ontwerpprincipes) voor consistente en foutloze interacties in kritieke workflows.
- **Cyberbeveiliging:** naarmate systemen steeds meer met elkaar verbonden worden, worden ze kwetsbaarder voor gegevenslekken, ongeautoriseerde toegang of systeemverstoringen. Normen voor cyberbeveiliging (zoals de ISA/IEC 62443 (ISA/IEC 62443 normenreeks - ISA 62443), NIS2-richtlijn (NIS2-richtlijn: nieuwe regels voor cyberbeveiliging van netwerk- en informatiesystemen | Shaping Europe's digital future ), ENISA of Cyber Resilience Act (Cyber Resilience Act | Shaping Europe's digital future ENISA) maken het mogelijk deze risico's te beperken

en zowel gegevens als systemen te beveiligen.

Wat dit laatste aspect betreft, hanteert Industry 5.0, dat is gebaseerd op digitaliseringstechnologieën, een meer mensgerichte benadering met drie basispijlers: veiligheid, betrouwbaarheid en mensgericht ontwerp. Het doel is om de intelligente samenwerking tussen mensen en machines te faciliteren, waarbij menselijke intelligentie en creativiteit worden gecombineerd met efficiënte, intelligente en precieze machines.

**2 Pijlers van Industry 5.0**

Volgens de Europese Unie biedt Industry 5.0 "een visie op industrie waarbij het niet uitsluitend draait om efficiëntie en productiviteit maar de rol en bijdrage van de industrie aan de samenleving wordt versterkt". Het plaatst ook "het welzijn van de arbeider centraal in het productieproces en gebruikt nieuwe technologieën om welvaart te bieden die verder gaan dan banen en groei, met respect voor de beperkte hulpbronnen van de planeet."

Met betrekking tot HMI's en de interoperabiliteit tussen mensen en technologieën moeten de interfaces zo ontworpen worden dat ze intuïtief en gebruiksvriendelijk zijn. Operators moeten naadloos kunnen communiceren met steeds complexere systemen. Gebruikerservaring (UX) en gebruikersgerichte ontwerpen (UCD) plaatsen gebruikers centraal in het interfaceontwerp. Zo maken flexibele UX-frameworks snelle aanpassingen in het ontwerp mogelijk op basis van feedback van gebruikers, waardoor operators betrokken kunnen worden bij de HMI-ontwerpfase. Deze op de operator gerichte ontwerpen minimaliseren de leercurve, verkorten de trainingstijd en verhogen de productiviteit van de werknemers.

Bij de bewaking en controle van productieprocessen bieden HMI's operators realtime inzicht in de werking van machines, productielijnen of systemen. Visualisatiesoftware zorgt ervoor dat alle verzamelde gegevens in een begrijpelijke, uitgebreide en bruikbare indeling worden gepresenteerd. Deze visuele interfaces kunnen AI-algoritmen bevatten om operators te ondersteunen bij hun besluitvormingsprocessen, waarbij grote hoeveelheden gegevens worden geanalyseerd en inzichten worden verschaft die operators in combinatie met hun expertise kunnen gebruiken om de uiteindelijke beslissingen te nemen.

**3 Interactie tussen mens en machine:**  
*programmering van robotgedrag*

## Interoperabiliteit tussen mens en machine

Tot slot zijn er, wat betreft het ergonomische ontwerp van interfaces om het comfort en de veiligheid van werknemers te waarborgen, tal van fysieke interfaces die kunnen worden toegepast om fysieke belasting te verminderen, zoals touchscreens, spraakcommando's en gebarenbesturing. Deze technologieën bevorderen ook toegankelijkheid en inclusiviteit op de arbeidsmarkt door gebruikers met visuele, motorische of auditieve beperkingen tegemoet te komen. Zo wordt een gelijke toegang tot digitale systemen gegarandeerd.



### Toepassing

Het gebruik van de juiste visualisatie- en HMI-platforms kan de efficiëntie, veiligheid en productiviteit van het productieproces verbeteren.

### Collaboratief ontwerp

In de context van Industry 5.0 en interactie tussen mens en machine speelt collaboratief ontwerp een sleutelrol bij het ontwikkelen van intuïtieve en efficiënte HMI's. Deze aanpak houdt in dat meerdere agenten in real time samenwerken om interfaces te creëren die functioneel en ergonomisch zijn en aansluiten op de behoeften van de gebruiker. Door expertise en feedback gedurende het ontwerpproces te delen, kunnen teams ervoor zorgen dat de resulterende systemen productiviteit, veiligheid en gebruikerstevredenheid ondersteunen.

4 HMI's voor collaboratief ontwerp ↔ Bron, bedenker en credits: rawpixel ↔ Licentiegegevens ↔

### Realtime en historische bewaking

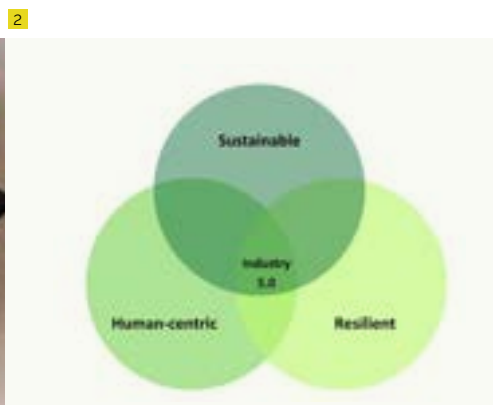
Tijdens het productieproces kunnen HMI's stilstand minimaliseren en de productie-efficiëntie optimaliseren. In scenario's waarin het minimaliseren van de latentie cruciaal is, maakt het integreren van edgecomputing-technologieën snellere besluitvorming mogelijk. Ze maken realtime gegevensvisualisatie mogelijk, het toezicht op de prestaties van machines of het bijhouden

van productiestatistieken,- (evenals het controleren van de machines) waarbij instellingen indien nodig worden aangepast. De visualisatie van relevante gegevens, die door bewakingssystemen worden verzameld en door algoritmen voor gegevensanalyse worden verwerkt, worden aan operators gepresenteerd in een gebruiksvriendelijke en uitgebreide indeling. Zo kunnen zij het productieproces correct volgen, op de gepresenteerde informatie reageren en weloverwogen beslissingen nemen. Deze informatie kan worden toegepast op:

- Het verbeteren van de efficiëntie van het productieproces.
- Het verminderen van het afval dat tijdens het productieproces wordt geproduceerd.
- Het uitvoeren van kwaliteitscontroles en het vroegtijdig opsporen van defecten in het proces.
- Het identificeren van knelpunten en het optimaliseren van productieworkflows voor een verbeterde efficiëntie van de activiteiten en minder stilstand.
- Het bewaken en beheren van het energieverbruik, bijdragen aan duurzamere productiepraktijken en het verminderen van de ecologische voetafdruk van de bedrijfsvoering.
- Het uitvoeren van onderhoudsactiviteiten op afstand op basis van alarm- en probleemmeldingen, en de integratie van chattools en schermdelingsmogelijkheden, om samenwerking tussen operators op locatie en externe technici voor snelle oplossing van problemen mogelijk te maken.

### Samenwerking tussen mens en robot

HMI's faciliteren samenwerking tussen mensen en robots (HRC) door interfaces te bieden waarmee operators robotsystemen eenvoudig kunnen programmeren en bedienen. Het doel is niet menselijke arbeiders te vervangen, maar het belang van samenwerking en wederzijdse aanvulling te benadrukken door hun respectievelijke sterke punten te benutten. Enerzijds kunnen mensen op basis van ervaring redeneren, reageren op onverwachte problemen en oordelen vellen op basis van onvolledige of dubbelzinnige informatie. Fysiek kunnen mensen complexe en precieze handmatige taken aan, evenals taken die vakmanschap vereisen.



Aan de andere kant kunnen robots en machines zware taken uitvoeren, continu werken en repetitieve taken met consistente kwaliteit uitvoeren. Bovendien kunnen ze in gevaarlijke omgevingen werken, zoals giftige omgevingen of onder extreme temperaturen. Desalniettemin brengt HRC verschillende uitdagingen met zich mee, waaronder veiligheidsrisico's en ergonomie. Een veilige interactie moet worden gegarandeerd wanneer robots en mensen dezelfde ruimte delen, door middel van positiebewaking, botsingsvermijding, noodstops en beschermingsmaatregelen. Intuïtieve en ergonomische interfaces moeten ook worden ontworpen om vermoeidheid te minimaliseren, risico's te verminderen en het comfort van de gebruiker te verbeteren.

- 5 *Afhankelijkheden in de samenwerking tussen mens en robot. Licentiegegevens* ➔ *Bedenker: Jeshwitha Jesus Raja, Meenakshi Manjunath, Philipp Kranz, Fabian Schirmer, Marian Daun. Auteursrecht: © 2023 Auteursrecht voor dit artikel door de auteurs. Gebruik toegestaan onder Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)* ➔

### Training en vaardigheidsontwikkeling

Intuïtieve HMI's minimaliseren de leercurve en vereenvoudigen het gebruik van complexe machines voor nieuwe operators via interactieve touchscreens, visuele hulpmiddelen en stapsgewijze instructies. Ze kunnen ook interactieve tutorials en simulaties bevatten die praktische trainingservaring bieden. Virtuele omgevingen kunnen worden opgezet voor trainingen, voordat de operators met de echte apparatuur aan de slag gaan, waardoor hun vertrouwen toeneemt. HMI's kunnen ook de prestaties van de operators tijdens training volgen en gebieden identificeren die nog verder moeten worden ontwikkeld.

- 6 *Virtual reality-simulatie*



### Implementatieaspecten

#### ■ Implementatiemoeilijkheid: Laag tot gemiddeld

De implementatiemoeilijkheid van HMI's voor de meubelindustrie is laag als we kijken naar oplossingen die al op de markt beschikbaar zijn, zoals het ontwerp van gebruiksvriendelijke interfaces voor operators om complexe machines te bedienen. Voor toepassingen dichter bij Industry 5.0 zijn er echter nog steeds verschillende uitdagingen: ontwikkelingsvolwassenheid en implementatiekosten van technologieën, mensgericht ontwerp van producten en processen, het huidige vaardigheidsniveau van werknemers of beveiligingsproblemen die worden veroorzaakt door de personalisatie van HMI-analyse en toenemende gegevensverzameling.

#### ■ Economische levensvatbaarheid: Gemiddeld tot hoog

De economische levensvatbaarheid van HMI-ontwikkeling voor de meubelindustrie hangt af van het type oplossing en de bijbehorende investeringskosten. Deze zullen sterk variëren, vooral bij de aanschaf van nieuwe hardwarecomponenten. Desalniettemin kunnen nieuwe HMI-oplossingen de productiviteit en efficiëntie van het productieproces verhogen, waardoor deze initiële kosten kunnen worden terugverdiend. Om die reden vereist het besluitvormingsproces zorgvuldige financiële planning en een analyse van het rendement op de investering.

#### ■ Menselijke factoren

Een centraal principe van Industry 5.0 is dat mensen centraal staan bij technologische vooruitgang via intuïtieve interfaces, ondersteunde bewaking en verbeterde ergonomie, comfort en veiligheid. Human machine interfaces (HMI's) bieden meerdere voordelen en creëren toegankelijker en minder veeleisende werkomgevingen. Ze vergemakkelijken de onboarding, verkorten leercurves en ondersteunen de werving van digitaal competent talent. Bestaand personeel kan zijn vaardigheden verbeteren door training in digitale interfaces, gegevensinterpretatie en samenwerking met geautomatiseerde systemen.

4



6



Hoewel er zorgen kunnen ontstaan dat robotica en nieuwe machines het personeelsbestand kunnen verminderen, is het doel van Industry 5.0 geen vervanging, maar zinvolle samenwerking tussen menselijke capaciteiten en machinale precisie. Deze synergie stelt organisaties in staat creativiteit en oordeel te combineren met de consistentie en snelheid van automatisering, waardoor de activiteiten worden geoptimaliseerd en bijdragen aan duurzame, mensgerichte productieomgevingen.

### ■ Omgevingsfactoren

HMI's bieden in de meubelproductie voordelen voor het milieu. Ze optimaliseren machines, waardoor het energieverbruik en de ecologische voetafdruk worden verlaagd, terwijl ze precisie, controle en onderhoudsefficiëntie verbeteren, wat voor minder afval zorgt. Verbeterde gegevensverzameling en -analyse helpen ook de impact te controleren en te waarborgen dat aan regelgeving wordt voldaan. Samen ondersteunen deze praktijken duurzame, verantwoorde productie.

Maar uitdagingen blijven bestaan. HMI-hardware omvat displays, sensoren, processors, camera's en soms biometrische of neurale apparaten. Deze zijn afhankelijk van zeldzame aardmetalen, edelmetalen en gemanipuleerde kunststoffen, waarvan de winning veel energie verbruikt, verontreinigende stoffen uitstoot en recycling is lastig. Productie omvat vaak cleanrooms, precisiefabricage en meerlaagse schakelingen, allemaal zaken waar veel hulpbronnen voor nodig zijn. Naarmate HMI's geavanceerder worden, worden reparatie, hergebruik en recycling steeds moeilijker.

Tijdens hun werking verbruiken HMI's een bescheiden hoeveelheid energie vergeleken met datacentra of robotica, maar integratie in altijd-aan systemen zorgt voor continu stand-bygebruik. Spraak- en beeldgebaseerde HMI's zijn vaak afhankelijk van realtime verwerking en cloudgebaseerde AI, waarbij hun voetafdruk wordt gekoppeld aan externe infrastructuur zoals datacentra.

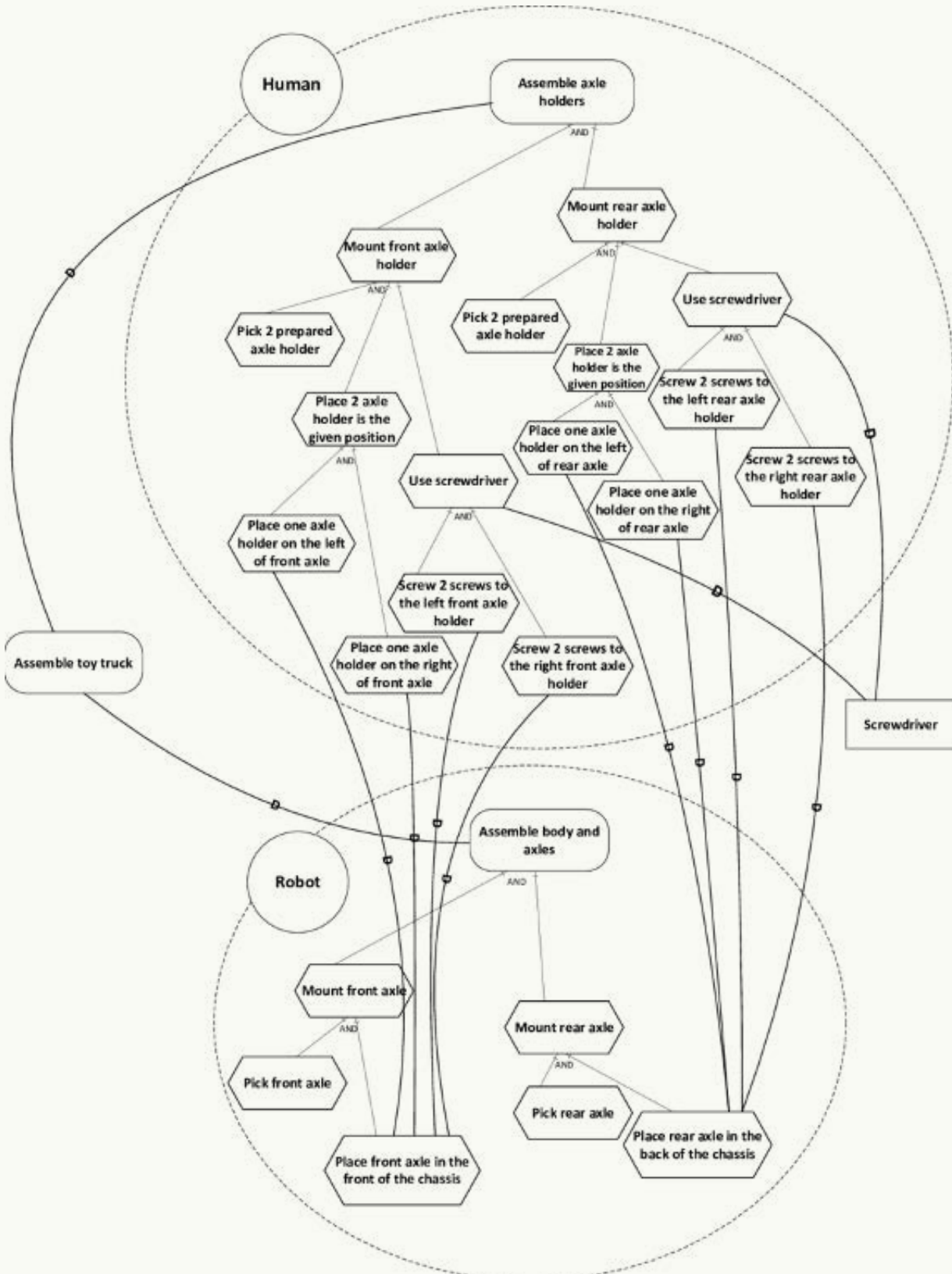
Een andere zorg is de korte levensduur en hoge vervangingspercentages, vooral bij consumentenelektronica zoals smartphones, tablets en draagbare apparaten, die vaak elke 2–3 jaar worden vervangen. Niet-modulaire ontwerpen belemmeren de demontage en terugwinning van waardevolle materialen, wat bijdraagt aan e-afval.

Het afwegen van de menselijke en milieuvriendelijke voordelen van HMI's met hun materiaal- en energiekosten is essentieel. Duurzaam ontwerp, langere levenscycli en kringloopgerichte praktijken kunnen de rol van HMI's maximaliseren in het promoten van Industry 5.0 en tegelijkertijd de verantwoordelijkheid voor het milieu bevorderen.

### ■ Afstemming op certificeringen en regelgeving

Er bestaan verschillende regels en certificeringen die van toepassing zijn op HMI's die worden ingezet in het meubelproductieproces, bijvoorbeeld:

- De opslag en behandeling van persoonlijke informatie door HMI's moeten voldoen aan de Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG )
- HMI's moeten ook voldoen aan cyberbeveiligingsnormen en -regelgeving om gegevensbescherming te waarborgen en beveiligingslekken te voorkomen (zoals de ISA/IEC 62443 (ISA/IEC 62443-normenreeks - ISA ) ), voor het beveiligen van industriële besturingssystemen; NIS2-richtlijn (NIS2-richtlijn: nieuwe regels voor cyberbeveiliging van netwerk- en informatiesystemen | Shaping Europe's digital future ) , de EU-regelgeving voor kritieke infrastructuur; of Cyber Resilience Act (Cyber Resilience Act | Shaping Europe's digital future),  cyberbeveiligingsnormen voor digitale producten die in Europa worden verkocht).





### Oplossingen



#### Schneider Electric human machine interfaces

Schneider Electric

Frankrijk ↔

HMI's van Schneider Electric zijn eenvoudig te installeren, configureren en te bedienen, en bieden een eenvoudige en efficiënte manier om systemen te verbinden, gegevens te verzamelen en informatie op een begrijpelijke manier te presenteren. Geschikt voor industrieën zoals meubelproductie bieden ze een breed scala aan oplossingen, van de kleinste grafische terminals tot industriële pc's.



#### HMI/Scada System

Beijer Electronics

Zweden ↔

Geavanceerde HMI-oplossingen voor een verbeterde gebruikerservaring, schaalbare automatiseringssystemen voor efficiëntie en kostenreductie, en robuuste digitaliseringstools, die in verschillende sectoren voor langetermijnwaarde en aanpassingsvermogen zorgen. Ze bieden aanpasbare iX-gebaseerde oplossingen voor industriële toepassingen en webgebaseerde HMI-oplossingen met intuïtieve widgets voor UI-ontwerp, naadloze integratie en mobielvriendelijke oplossingen.



#### A-Sphere HMI Platform

Alphagate

Duitsland ↔

Het A-Sphere HMI Platform (vanaf 2025 bekend als RANA) biedt een aanpasbare oplossing voor de machine-industrie. A-Sphere is een eenvoudige manier om een human machine interface te maken zonder programmeervaardigheden. Het is PLC-onafhankelijk en integreert naadloos verschillende systemen. Dankzij de compatibiliteit met AI en Augmented Reality (AR) kunnen bedrijven innovaties zoals door AI aangestuurd onderhoud of AR-ondersteunde training eenvoudig integreren.



#### AVEVA InTouch HMI

Aveva

Groot-Brittannië ↔

AVEVA InTouch HMI is krachtige visualisatiesoftware die operators helpt de interacties met industriële automatiseringssystemen te optimaliseren. De Unlimited-editie biedt onbeperkte licenties, naleving van regelgeving, dienstrapportage en geavanceerde procesanalyse met een nauwkeurige historiek, wat de prestaties verbetert in industriële en productieprocessen.



#### Infont

Mirmit

Spanje ↔

Infont is software voor industrieel beheer voor de meubelsector. Het maakt realtime bewaking van productiviteit mogelijk in alle soorten werkstations (zowel handmatig als geautomatiseerd) en bestrijkt processen van transformatie tot manipulatie. Het houdt toezicht op productiviteit in real time, identificeert knelpunten, optimaliseert workflows en verbetert de efficiëntie. Het biedt volledige traceerbaarheid van orders, activiteiten van operators en voorraadbewegingen, met flexibele aanpassing en eenvoudige integratie via API's.



#### Geleidingssysteem van paneelsnijmachine voor de operator

Homag Group AG

Duitsland ↔

IntelliGuide is een modulair hulpsysteem voor de operator van paneelzagen, met interactieve software, ledsignalen, camera's en laserprojecties om operators stap voor stap te begeleiden, fouten te voorkomen en de workflow te optimaliseren. Het verbetert ergonomie, veiligheid en efficiëntie, past zich intelligent aan de handelingen van de operator aan en ondersteunt intuïtieve interactie tussen mens en machine.



## Voorbeelden



### Bona

Zweden



Bona AB levert producten voor de installatie, het onderhoud en de renovatie van houten vloeren. Bona koos voor een automatiseringsoplossing van Beijer Electronics met HMI-bedieningspanelen voor het aansturen van machines die in hun productieproces worden gebruikt. Het op afstand bestuurbare systeem werd gekozen vanwege zijn snelheid, de voordelen die een eenvoudige configuratie bieden en de betrouwbaarheid die gepaard gaat met krachtige diagnostische functies.



### Glaston

Finland



Glaston is een toonaangevende aanbieder van glasverwerkingstechnologieën en -diensten voor verschillende branches, zoals meubels. Er werd een gebruikersgerichte HMI-oplossing ontwikkeld, met naadloze integratie van machines voor hogere efficiëntie, gebruiksvriendelijk UX/UI-ontwerp voor eenvoudige bediening en snelle onboarding en ontwikkeling van apps met functies zoals procesanalyse en onderhoudsondersteuning om de bedrijfsvoering eenvoudige te maken.



### Fecken-Kirfel

Duitsland



Ontwikkeling van een trendsettende, grafisch hoogwaardige web-HMI. De ontwikkeling van de HMI moest bij het bedrijf blijven. De WebIQ Designer van Smart-HMI maakt het mogelijk om 100% webgebaseerde dynamische gebruikersinterfaces laag-code te maken, simpelweg met slepen en neerzetten. De tool werd gebruikt voor de interne ontwikkeling, terwijl Smart HMI alleen selectieve ondersteuning bood.



### Nowy Styl

Polen



De fabriek Nowy Styl produceert elke dienst duizenden unieke meubelcomponenten, waarvoor geavanceerde HMI-oplossingen nodig zijn zoals Homags powerTouch en een robuust MES zoals Homags Wood Factory. Operators gebruiken HMI's om de productie te bewaken, onderdeelgegevens te beheren, automatisering te controleren en zich snel aan te passen aan veranderingen, wat zorgt voor efficiënte, op maat gemaakte productie.



### Cadorin

Italië



Cadorin heeft de SCM "celaschi tmc" bewerkinglijn geïmplementeerd, volledig in overeenstemming met de Industry 4.0-normen. Deze oplossing omvat een HMI-systeem dat de interactie van de operator vereenvoudigt en realtime controle biedt over productiegegevens. Het maakt zeer flexibele verwerking mogelijk, afgestemd op Cadorins ambachtelijke maar geavanceerde productiebehoeften. De integratie verbetert traceerbaarheid, efficiëntie en precisie. Deze samenwerking weerspiegelt een gedeelde toewijding aan duurzaam en hoogstaand vakmanschap.



### Ardis Perform + Silva

België



De ARDIS-blogpost over Silva benadrukt hoe de implementatie van PERFORM het productiemangement heeft getransformeerd. Elke werkstation beschikt nu over een interactief scherm met realtime, actuele takenlijsten, wat zorgt voor duidelijke communicatie, zelfs voor niet-moedertaalsprekers. De menselijke interface stelt managers in staat om taken op afstand toe te wijzen, interactief opnieuw af te drukken en taken op afstand opnieuw te prioriteren, zodat er minder chaos ontstaat en de coördinatie op de werkvloer verbetert.

# 10

1



Implementatiemoeilijkheid: **Gemiddeld**  
 Economische levensvatbaarheid: **Gemiddeld**

# AIoT voor slimme productie



## Beschrijving

AIoT, of kunstmatige intelligentie der dingen, is de integratie van kunstmatige-intelligentie-technologieën (AI) met de Internet of Things (IoT)-infrastructuur. Deze combinatie vergroot de mogelijkheden van IoT-apparaten doordat ze zonder menselijke tussenkomst gegevens aan de rand kunnen analyseren, beslissingen nemen en van ervaringen leren. Edge-computing is een gedistribueerd computingparadigma dat rekenkrachten dichterbij de bron van gegevens brengt, zoals IoT-apparaten of gebruikers, om de latentie te verminderen en de prestaties te verbeteren. AIoT en edge-computing zijn gericht op efficiëntere IoT-operaties, het verbeteren van interacties tussen mens en machine en het verbeteren van gegevensbeheer en -analyse.

### 1 Op IoT- en AI gebaseerde gegevens bedrijfswaardegratie

De belangrijkste componenten van de AIoT zijn:

- **IoT-apparaten:** De sensoren, actuatoren en andere apparaten die gegevens verzamelen, verwerken en verzenden.
- **Connectiviteit:** Dit omvat netwerken en protocollen die IoT-apparaten in staat stellen met elkaar en centrale systemen te communiceren.
- **Gegevensverwerking:** AI-algoritmen verwerken de door IoT-apparaten verzamelde gegevens om betekenisvolle inzichten te verkrijgen.

• **Cloudcomputing:** Biedt de benodigde infrastructuur voor het opslaan en verwerken van grote hoeveelheden gegevens.

• **Edge-computing:** Faciliteert gegevensverwerking in de nabijheid van de bron waar gegevens worden gegenereerd, waardoor latentie en bandbreedtegebruik worden verminderd.

### 2 Voorbeeld van een IoT-netwerk (Bron: HMS Networks)

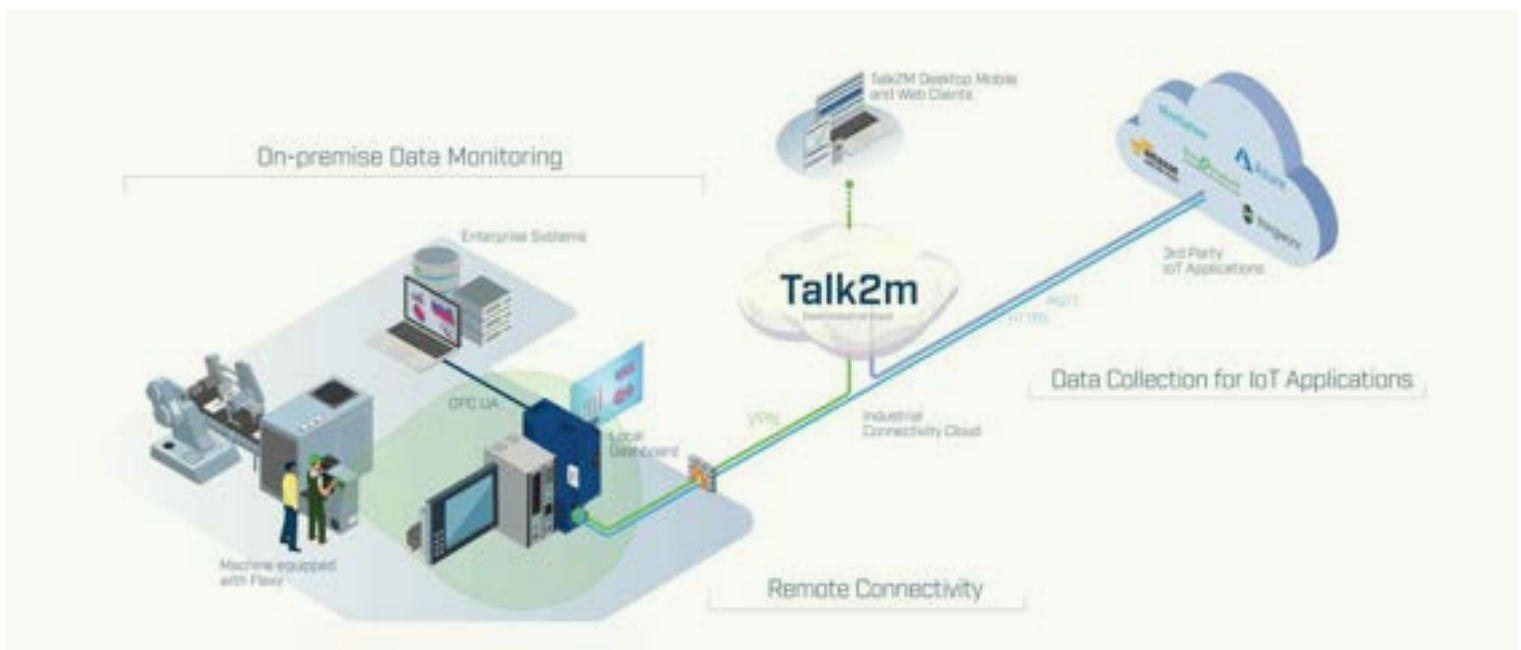
AIoT heeft al geleid tot tal van industriële toepassingen.

Een voorbeeld hiervan is de autonome controle over productiefaciliteiten. Andere gebieden zijn logistieke optimalisatie of predictief onderhoudsmanagement.

Ondanks het veelbelovende potentieel is interoperabiliteit een grote uitdaging. Veel bedrijven gebruiken IIoT (Industrial Internet of Things) apparaten en platforms van verschillende fabrikanten, die niet altijd naadloos op elkaar aansluiten. Dit bemoeilijkt de implementatie van geïntegreerde AIoT-oplossingen en vereist gestandaardiseerde interfaces en protocollen. Een goed gekozen AIoT-platform faciliteert de integratie van nieuwe apparaten, maakt eenvoudige schaalbaarheid mogelijk en ondersteunt de flexibele aanpassing van een IIoT-strategie. Het maakt ook integratie mogelijk met andere systemen en technologieën, zoals ERP- of CRM-systemen, waardoor IIoT-technologieën in bestaande bedrijfsprocessen worden opgenomen.

Een ander cruciaal aspect is gegevensvoorbereiding. In IoT-omgevingen is de kwaliteit van gegevens vaak slechter dan bedrijven aannemen. Het toepassen van AI op onvoldoende voorbereide gegevens levert onder-

2



maatse modellen op niet aan de verwachte resultaten voldoen. Daarom is het cruciaal om gegevens goed voor te bereiden en te verrijken voor analyse met behulp van een betrouwbaar IoT-platform.

Tegelijkertijd ontstaan er spannende trends die het AIoT-ecosysteem in de komende jaren zullen vormgeven. Een van die trends is het gebruik van generatieve AI, die niet alleen gegevens analyseert, maar ook nieuwe ontwerpen of optimalisatievoorstellen genereert. Een andere trend is de integratie van 5G-technologieën, die ultrasnelle en betrouwbare connectiviteit mogelijk maken. Dit is vooral belangrijk voor toepassingen die hoge bandbreedte of lage latentie vereisen, zoals autonome voertuigen of realtime besturing.

Ondanks het potentieel brengt de integratie van AI in de productie uitdagingen met zich mee, waaronder aanzienlijke initiële investeringen, de noodzaak van vakbekwame werknemers om AI-systemen te ontwikkelen en te onderhouden, en zorgen over gegevensprivacy en -beveiliging. Daarnaast is er de uitdaging om AI-technologieën te integreren met bestaande IT-technologieën en infrastructuur voor operationele technologieën (OT). IT verwijst naar het gebruik van computersystemen om informatie te verwerken, op te slaan en uit te wisselen, terwijl OT ook systemen omvat die fysieke apparaten, processen en infrastructuur in industriële omgevingen bewaken en aansturen.

Naarmate de AIoT-technologie zich blijft ontwikkelen, wordt verwacht dat de toepassingen in de productie verder zullen groeien, wat mogelijk kan leiden tot volledig autonome fabrieken en sterk gepersonaliseerde productie op grote schaal. De voortdurende ontwikkeling van AIoT zal waarschijnlijk ook leiden tot een grotere nadruk op samenwerking tussen mens en machines, waarbij de sterke punten van beide worden benut om optimale resultaten te bereiken.

**3** *Industriële mini-pc's (Bron: Beckhoff)*



### Toepassing

AIoT (kunstmatige intelligentie van dingen) in de productie voorziet in geavanceerde mogelijkheden voor gegevensverzameling en intelligente verwerking. Door IoT-connectiviteit te combineren met door AI aangestuurde analyses, maakt het realtime, op gegevens gebaseerde besluitvorming mogelijk die industriële activiteiten transformeert.

**4** *Betekenis van AI in de productie (Bron: Oranje mantra)*

**Predictief onderhoud:** AIoT kan apparatuurstoringen voorspellen voordat ze optreden door gegevens te analyseren van sensoren die in de machines zijn geïntegreerd. Deze aanpak biedt het voordeel dat stilstand- en onderhoudskosten worden verminderd en de levensduur van apparatuur verlengd wordt.

**5** *Gegevensbewaking voor predictief onderhoud (Bron: Adobe Stock)*

**Optimalisatie van de toeleveringsketen:** AIoT kan goederen in real time volgen, de vraag voorspellen en voorraadniveaus optimaliseren. Door deze mogelijkheden worden de zichtbaarheid van de toeleveringsketen verbeterd, de kosten verlaagd en de levertijden verbeterd.

**Energiebeheer:** AI helpt bij het optimaliseren van het energieverbruik in productiefaciliteiten door gegevens uit verschillende bronnen te analyseren om inefficiënties aan het licht te brengen en verbeteringen voor te stellen. Zo kan AI de werking van HVAC-systemen optimaliseren op basis van het aantal mensen in een gebouw, het weer en de specifieke behoeften van het productieproces, waardoor de energiekosten aanzienlijk worden verlaagd. AIoT-systemen kunnen het energieverbruik in industriële faciliteiten bewaken en beheersen om het

3



4



energieverbruik te verminderen, kosten te verlagen en duurzaamheidsinitiatieven te ondersteunen.

6 Dashboard energiebeheersoftware (Bron: Etalytics)

**Kwaliteitscontrole:** AloT kan de inspectie van producten automatiseren met behulp van computervisie en algoritmen voor machinaal leren. Deze automatisering verbetert de productkwaliteit en vermindert de noodzaak van handmatige inspectie.

**Veiligheid en beveiliging:** AloT kan de veiligheid op de werkplek verbeteren door omgevingsomstandigheden te bewaken en gevaarlijke situaties te detecteren. Deze implementatie vermindert het risico op ongevallen en zorgt voor naleving van veiligheidsvoorschriften.

**Slim ontwerp en productie:** AI faciliteert het ontwerpproces via generatieve ontwerpsoftware, die tal van ontwerpalternatieven kan genereren op basis van gespecificeerde criteria, zoals materialen, productiemethoden en prestatie-eisen. Dit versnelt niet alleen het ontwerpproces, maar maakt ook meer maatwerk mogelijk, waardoor fabrikanten gemakkelijker aan specifieke klantwensen kunnen voldoen. Ook maakt AloT realtime bewaking en optimalisatie van productieprocessen mogelijk. Deze implementatie verhoogt de efficiëntie, zorgt voor minder afval en verbetert de productkwaliteit.



### Implementatieaspecten

#### ■ Implementatiemoeilijkheid: Gemiddeld

Het waarborgen van gegevensnauwkeurigheid, beveiliging en privacy is cruciaal voor het succes van AloT-initiatieven. Een van de grootste uitdagingen waarmee de invoering van AloT wordt geconfronteerd, is het waarborgen van gegevensprivacy en -beveiliging. De enorme hoeveelheden gegevens die door IoT-apparaten worden gegenereerd, omvatten gevoelige informatie zoals financiële transacties en operationele gegevens van kritieke infrastructuur. Bovendien is een verschuiving in de organisatiecultuur nodig om het volledige potentieel van AloT te benutten. Besluitvormers moeten op gegevens gebaseerde strategieën omarmen en een omgeving van innovatie en voortdurende verbetering creëren. Het is ook van vitaal belang om te investeren in het trainen en bijscholen van werknemers, zodat zij AloT-technologieën effectief kunnen gebruiken voor een succesvolle implementatie.

Om de toepassing van AloT soepeler en minder intimiderend te maken, is het een praktisch idee om klein te beginnen en geleidelijk op te schalen. Simulatie biedt een vrijwel risicoloos, beheersbaar startpunt dat uiteindelijk kan leiden tot de naadloze integratie van digitale tweelingen in productieprocessen.

#### ■ Economische levensvatbaarheid: Gemiddeld

Het implementeren van grootschalige AloT-technologie vereist vaak aanzienlijke investeringen in sensoren, IoT-apparaten, software, infrastructuur en deskundig personeel. Sommige van de beschreven technologische oplossingen zijn echter voor het mkb zeer goedkoop te implementeren.

5



6



### ■ Menselijke factoren

Het adopteren van AIoT-technologie vereist vaak ingrijpende organisatorische veranderingen en een verschuiving naar een werkplekcultuur die op gegevens is gebaseerd en op innovatie is gericht. Weerstand tegen verandering, gebrek aan bewustzijn of aarzeling om nieuwe technologieën toe te passen kunnen de invoering belemmeren. Het is echter duidelijk dat werknemers de kloof op het gebied van digitale vaardigheden moeten dichten, de praktische voordelen van AIoT in hun rol moeten erkennen en zich moeten bijscholen zonder de continuïteit van de workflow of het welzijn van werknemers te verstoren.

AIoT kan de efficiëntie, besluitvorming, klantervaring verbeteren en de manier waarop mensen met hun omgeving omgaan transformeren. Zo kan AIoT repetitieve taken zoals gegevensinvoer en planning automatiseren, waardoor werknemers zich meer op strategisch werk kunnen richten. Het kan ook grote hoeveelheden gegevens analyseren om bedrijven te helpen weloverwogen beslissingen te nemen, patronen te herkennen en nauwkeurige voorspellingen te geven.

Fabrikanten kunnen de waarde van AIoT voor belanghebbers versterken door voordelen te benadrukken zoals verbeterde productkwaliteit, lagere energiekosten, verbeterde operationele efficiëntie en veiligere werkomstandigheden. Belangrijke factoren voor een succesvolle invoering van AIoT zijn onder meer een sterk draagvlak bij het management, investeringen in verandermanagement en digitale infrastructuur, en de aanpassingskracht van het personeelsbestand.

Transparante communicatie en participatieve ontwerpprocessen zijn ook essentieel om acceptatie en vertrouwen in AIoT-systemen te vergroten. Werknemers moeten actief betrokken zijn bij het medeontwerpen van slimme tools die hun dagelijkse taken beïnvloeden, en ethische overwegingen, vooral met betrekking tot gegevensprivacy en algoritmische besluitvorming, moeten vanaf het begin worden aangepakt.

Samenvattend kan worden gezegd dat AIoT geen menselijke werknemers zal vervangen, maar degenen die AIoT-tools beheersen, kunnen beter presteren dan degenen die dat niet kunnen. Naarmate automatisering de repetitieve taken overneemt, zullen menselijke werknemers zich steeds meer richten op het begeleiden, verfijnen en optimaliseren van deze slimme systemen. Het menselijk brein is nog steeds een van de meest geavanceerde en efficiënte systemen voor het verwerken van informatie. Hoewel AI enorme gegevenssets kan analyseren en patronen met een ongelooflijke snelheid

kan detecteren, bezit het niet het subtiele, intuïtieve begrip dat mensen hebben. We blinken uit in het begrijpen van context, tussen de regels lezen en het leggen van inzichtelijke verbanden op basis van beperkte informatie. Dit zijn capaciteiten die zelfs buiten het bereik van de krachtigste AI-systemen liggen.

### ■ Omgevingsfactoren

De integratie van AIoT in meubelproductie helpt de ecologische voetafdruk te verkleinen door het verbruik van energie, water en hulpbronnen te verminderen, afval te beperken, de logistiek te verbeteren en de algehele efficiëntie te verhogen. Het vermindert ook repetitieve taken van het personeel en laat hen focussen op waardevollere activiteiten. Daarnaast maakt AIoT predictief onderhoud mogelijk, wat de levensduur van apparatuur verlengt en onnodig ingrijpen vermindert. Deze toepassingen kunnen de milieupact aanzienlijk verlagen, waardoor productieprocessen in overeenstemming zijn met milieunormen en -regelgeving.

Echter, AIoT brengt ook een aanzienlijke milieupact met zich mee door de afhankelijkheid van ingebouwde elektronica, hoge gegevensvolumes, modellen voor machinaal leren en blijvende connectiviteit.

Op apparaatniveau omvatten AIoT-systemen miljarden onderling verbonden sensoren, microcontrollers, actuatoren en edge-processors. Deze componenten zijn vaak klein, maar hun enorme volume vormt een aanzienlijke belasting van het milieu. Ze bevatten doorgaans zeldzame aardmetalen, zware metalen en gemodificeerde kunststoffen, waarvan de winning en verfijning met een hoge milieupact in verband wordt gebracht. Veel AIoT-apparaten zijn ook energiebeperkt en ontworpen voor een beperkte levensduur, waardoor hun bijdrage aan e-waste toeneemt. De productievoetafdruk wordt verder versterkt door de integratie van met AI compatibele hardware. Voor deze chips zijn complexe, energierijke fabricageprocessen nodig en ze raken vaak snel technologisch verouderd.

AIoT-systemen verwerken enorme hoeveelheden gegevens. Hoewel edgecomputing de latentie- en bandbreedtevereisten vermindert, vertrouwen veel AIoT-architecturen nog steeds op cloudcomputing voor gegevensaggregatie, langetermijnopslag en complexe modeltraining. Als gevolg hiervan draagt AIoT bij aan de groeiende energie- en watervoetafdruk van datacentra tijdens gebruik.

De AI-modellen die in AloT-toepassingen worden gebruikt, met name deep learning-algoritmen voor visie, natuurlijke taalverwerking of afwijkingsdetectie, kunnen zeer energie-intensief zijn om te trainen.

#### ■ Afstemming op certificeringen en regelgeving

Het implementeren van een AloT in een fabriek vereist naleving van uiteenlopende regelgeving en normen met betrekking tot gegevensbeveiliging, interoperabiliteit, milieu-impact en branchespecifieke eisen. Hieronder volgen enkele belangrijke regelgevende overwegingen:

**Cyber Resilience Act (CRA):** De CRA stelt verplichte eisen ten aanzien van cyberbeveiliging voor producten met digitale elementen, die zowel hardware als software omvatten, inclusief AloT-apparaten.

- Verplichte beveiligingsmaatregelen: Fabrikanten moeten gedurende de hele productlevenscyclus beveiligingsfuncties implementeren, van ontwerp tot uitfasering.
- Kwetsbaarheidsrapportage: Bedrijven zijn verplicht om misbruikte kwetsbaarheden binnen 24 uur aan de autoriteiten te melden en binnen 72 uur uitgebreide updates te geven.
- Beveiligingsupdates: Apparaten moeten minimaal vijf jaar beveiligingsupdates ontvangen, tenzij de verwachte levensduur van het product korter is.
- Sancties voor niet-naleving: Niet-conforme producten kunnen worden verboden op de EU-markt, met boetes van maximaal € 15 miljoen of 2,5% van de wereldwijde omzet.

**IIC (Industrieel Internet Consortium):** Beveiligingsraamwerk – Definieert best practices op het gebied van beveiliging voor industriële IoT en digitale tweelingen.

**Wet op AI (EU)** – Reguleert door AI aangestuurde besluitvorming in industriële omgevingen

**EU Green Deal & mechanisme voor koolstofcorrectie aan de grens** – Vereist digitale bewaking van de ecologische voetafdruk in industriële bedrijven.



### Oplossingen



#### **Geïntegreerd, op AI gebaseerd predictief onderhoud voor industriële elektromotoren**

*Advantech*  
Taiwan ⇄

Predictief onderhoud van elektromotoren voorkomt kostbare storingen door middel van trillings- en temperatuurbewaking. Apparaten zoals de WISE-2410, met ARM Cortex-M4, LoRa en edgecomputing, analyseren de gegevens aan boord om de batterijduur tot 2 jaar te verlengen. Met IP66-bescherming is het onder andere geschikt voor motoren, pompen, HVAC-systemen, voor efficiënte, draadloze conditiebewaking.



#### **Industriële (eenvoudige) IoT-connectiviteitsapparaten voor PLC's en machines**

*HMS Networks*  
Zweden ⇄

HMS industriële communicatieproducten verbinden miljoenen PLC's, robots en apparaten met software en externe systemen. Hun EWON-apparatenfamilie maakt veilige, eenvoudige PLC-toegang op afstand mogelijk zonder firewalls of port forwarding, zelfs in China. Met ondersteuning voor meerdere PLC-merken slaat EWON via wifi of mobiele netwerken een brug tussen industriële gegevens en externe gebruikers.



#### **Ventilatorloze ultracompacte industriële pc's en OpenVINO**

*Open VINO (Intel Corporation)*  
Verenigde Staten ⇄ ⇄

Schaalbare, ultracompacte industriële pc's combineren maximale rekenkracht in wat momenteel het meest compacte formaat is, met een breed scala aan installatiemogelijkheden in de besturingskast. Ideaal voor besturing, visualisatie en communicatie, bijvoorbeeld naar de cloud. Ze bieden rekenkracht voor talloze automatiserings- en visualisatietaken. Vanwege hun indrukwekkende rekenkracht in verhouding tot hun omvang zijn de pc's vooral geschikt voor gebruik in Industry 4.0-toepassingen, bijvoorbeeld als IoT-gateway.

Industriële pc's worden gebruikt om geavanceerde AI-frameworks en software zoals OpenVINO te draaien. Dit is een opensource softwaretoolkit voor het optimaliseren en implementeren van deep learning-modellen. Het stelt programmeurs in staat om schaalbare en

efficiënte AI-oplossingen te ontwikkelen met relatief weinig regels code



#### **DeviceWISE® AI**

*Telit Cinterion*  
Verenigde Staten ⇄

Door AI te integreren in IoT ondersteunt het platform visuele inspectie met geavanceerde algoritmen en deep-learningtechnieken, op gegevens gebaseerde optimalisatie voor uniforme productkwaliteit, met gegevensverzameling en -analyse voor predictief onderhoud. Door geen-code- of laag-codesystemen te ondersteunen, maakt het platform procesoptimalisatie mogelijk (ook kan gunstiger energieverbruik kosten besparen).



#### **Asus Ebs-4U – Smart Replenishment**

*ASUS*  
Taiwan ⇄

De Smart Replenishment-oplossing van ASUS IoT en Macnica DHW gebruikt AI en beeldherkenning om het bijvullen van bederfelijke producten zonder barcodes te automatiseren. De oplossing draait 24/7 en biedt real-time voorraadzicht, elimineert handmatige controles en verhoogt de efficiëntie. Het end-to-end platform combineert ASUS IoT-hardware en analyses met de gebruikersinterface van Macnica voor eenvoudige, schaalbare implementatie in winkels.



#### **Alles-in-één edgecomputing gateway AIoT-5G-G06**

*Trugemtech*  
China ⇄

De TruGem AIoT-5G-G06 is een 1U rekgemonteerde all-in-één AIoT (kunstmatige intelligentie van dingen) 5G edgecomputing gateway, ontworpen voor eenvoudige integratie in standaard computerruimtekasten. Deze eenheid integreert AIoT-functionaliteit met hoogwaardige mogelijkheden voor gegevensverwerking, waardoor het geschikt is voor industriële en enterprise-grade IoT-computingscenario's. Het ondersteunt realtime gegevensanalyse en geautomatiseerde besluitvorming aan de rand, waardoor latentie wordt verminderd en de behoefte aan cloud-roundtrips wordt geminimaliseerd. De TruGem AIoT-5G-G06 is bedoeld voor gebruik in omgevingen die continue gegevensverwerking, bewaking en responsmogelijkheden dicht bij de gegevensbron vereisen.



## Voorbeelden



### Interior Works

Polen



Prestatiebeheer activa: Gebruikers kunnen de prestaties verbeteren door voortdurend op de hoogte te blijven van hoe de activa KPI's halen. Bovendien kunnen gebruikers zien of die bestaande KPI's nog steeds logisch zijn. Met apps voor prestatiebeheer die direct op het AloT-platform zijn gebouwd, ontvangen gebruikers geautomatiseerde meldingen telkens wanneer er een afwijking plaatsvindt en kunnen ze snel reageren op afwijkend gedrag. De realtime gegevens en feedback van machines stellen hen in staat KPI's te verfijnen om het maximale uit machineprestaties te halen. Dit vertaalt zich in effectiever gebruik van activa en snellere productietijden.



### Prohan

Polen



Computervisie-systeem voor vroege opsporing van defecten: Vroege detectie van gebreken op de productielijn is essentieel voor houtmeubelfabrikanten die hardhout gebruiken. Met een oplossing gebaseerd op computervisie en algoritmen voor machinaal leren kunnen gaten, scheuren en spleten in panelen direct na het lijmen worden geïdentificeerd, in een stadium waarin machinesnelheid defecten onzichtbaar maakt voor het menselijk oog.



### CPCON Group

Verenigde Staten



Beheer van de voorraad en toeleveringsketen: Een geïntegreerd AloT-platform verbetert het voorraadbeheer en hulpbronnenprognoses op productielocaties. Door gebruik te maken van realtime analyses verbetert het de transparantie van de toeleveringsketen, automatiseert het beslissingen en neemt de veerkracht toe. Door AI aangestuurde tools helpen verstoringen te anticiperen, complexe voorraden te beheren en de efficiëntie te verbeteren, wat uiteindelijk leidt tot betere kwaliteitscontrole voor leveranciers, klantervaring en bedrijfsprestaties.



### Axiomtek

Taiwan (Hoofdkantoor)



De servicerobots van Axiomtek met ingebouwde AI combineren AI, cloud, big data en biometrie voor detectie, besluitvorming en autonome controle. Aangedreven door krachtige edgecomputers zoals de eBOX, IPC, AIE-systemen en system-on-modules, bieden ze flexibele I/O, compact ontwerp en maatwerk. Axiomtek biedt ook op maat gemaakte ontwerpdiensten om de productiviteit te verhogen, kosten te verlagen en de uitrol te versnellen.



### Fanuc

Japan



Door AI ondersteunde collaboratieve robots in houtbewerking automatiseren taken zoals schuren, frezen en manipuleren, waardoor precisie, kwaliteit en veiligheid worden verbeterd door blootstelling van personen aan stof en gevaren te minimaliseren. Met AloT-integratie inspecteren robots de kwaliteit in real time, leren ze van resultaten en optimaliseren processen, waardoor de productiviteit wordt verhoogd en slimmere, adaptieve en efficiëntere productieprocessen mogelijk worden.



### Pressac Communications Ltd

Verenigd Koninkrijk



Energieverbruik bijhouden en beheren: Duurzaamheid wordt snel een zakelijke prioriteit voor fabrikanten vanwege de vraag van consumenten en strengere regelgeving. Hierdoor kunnen we een strategische verschuiving verwachten naar schonere en groenere bedrijfsvoering, zoals het gebruik van hernieuwbare energie, recyclebare materialen, vermindering van emissies, overmatige verpakkingen en watergebruik. Het energieverbruik wordt geminimaliseerd door gebruik te maken van de meest energiezuinige opties voor verbonden installaties. Het bijhouden en beheren van energieverbruik met AloT in productiefaciliteiten kan helpen patronen te identificeren en afwijkende energielekken te verminderen, energiepieken bij te houden, manieren te onderzoeken om energieverstopping te verminderen en beter te begrijpen hoe elk industrieel apparaat bijdraagt aan het totale energieverbruik.



1



Implementatiemoeilijkheid: **Laag**Economische levensvatbaarheid: **Hoog**

## De reis van IoT en connectiviteit



### Beschrijving

IoT, of het Internet of Things, is een netwerk van fysieke voorwerpen ("dingen") ingebed met sensoren, software en andere technologieën waarmee ze verbinding kunnen maken met en gegevens kunnen uitwisselen via het internet. In wezen gaat het erom alledaagse voorwerpen te verbinden met het internet, zodat ze gegevens kunnen verzamelen, delen en erop kunnen reageren. Maar IoT draait niet alleen om hardware en connectiviteit. IoT maakt veel nieuwe commoditydiensten mogelijk en verandert huizen in slimme ecosystemen en geeft vorm aan de manier waarop bedrijven hun activiteiten richten.

#### 1 IoT verandert huizen in slimme ecosystemen (Bron: Codiant)

Hier volgt een overzicht van de elementen die essentieel zijn voor IoT:

- **Verbonden voorwerpen:** IoT omvat een breed scala aan huishoudelijke apparaten of verbonden voorwerpen, van apparaten zoals thermostaten, verlichtingssystemen en spraakassistenten tot draagbare apparaten en slimme beveiligingsystemen voor huis. Deze apparaten vormen de fysieke laag van het IoT-ecosysteem en interageren met gebruikers en de omgeving.
- **Sensoren:** Deze apparaten zijn uitgerust met ingebouwde sensoren die gegevens verzamelen uit hun omgeving (zoals temperatuur, luchtvochtigheid, beweging, licht, CO<sub>2</sub>-niveaus of bezetting). Deze onbewerkte gegevens vormen de basis van contextbewuste toepassingen die intelligente automatisering en besturing mogelijk maken.
- **Gateways en communicatie:** Gegevens die door sensoren worden verzameld, worden verzonden via communicatieprotocollen zoals wifi, Zigbee, Bluetooth, LoRaWAN of NB-IoT. Gateways fungeren als tussenpersonen die deze gegevens aggregeren en vooraf verwerken voordat ze naar de cloud of lokale servers worden gestuurd
- **Gegevensverwerking en -analyse:** Na verzending worden de gegevens verwerkt in de cloud of aan de rand. Algoritmen voor AI en machinaal leren analyseren de informatie om patronen te detecteren, gebruikersgedrag te voorspellen en automatisering mogelijk te maken.
- **Besturingssystemen en interfaces:** Gebruikers communiceren met het IoT-ecosysteem via dashboards die realtime controle, bewaking en configuratie van apparaten bieden.
- **Diensten en toepassingen:** Uiteindelijk

maakt IoT een breed scala aan diensten mogelijk, zoals predictief onderhoud, energie-optimalisatie, gezondheidsbewaking en verbeterd comfort en beveiliging.

Naarmate Internet of Things (IoT)-technologie steeds nauwer wordt geïntegreerd in dagelijkse systemen, levensstijlen en bedrijven, neemt de behoefte aan cyberbeveiliging toe. Technologie voor cyberbeveiliging voor Internet of Things (IoT)-apparaten is cruciaal vanwege het toenemende aantal verbonden apparaten en gevoelige gegevens die ze verwerken. IoT-apparaten, variërend van slimme huishoudelijke apparaten tot industriële sensoren, zijn vaak kwetsbaar voor cyberdreigingen vanwege hun beperkte verwerkingskracht, het ontbreken van ingebouwde beveiligingsfuncties en de complexiteit van IoT-ecosystemen. Hieronder staan de belangrijkste cyberbeveiligingstechnologieën en -praktijken die zijn ontworpen om IoT-apparaten te beschermen.

#### 2 IoT-apparaattypes (Bron: Istock)

Vanaf augustus 2025 zal nieuwe Europese regelgeving vereisen dat alle IoT-apparatuur (inclusief apparaten die wifi of Bluetooth gebruiken) voldoen aan strikte cyberbeveiligingsnormen. Fabrikanten moeten de beveiliging van apparaten gedurende de hele levenscyclus van het product waarborgen, met inbegrip van duidelijke informatieverschaffing over kwetsbaarheden, gedefinieerde ondersteuningsperioden en het gebruik van unieke of door de gebruiker gemaakte wachtwoorden om risico's van standaardreferenties te voorkomen. Beveiligingsfuncties zoals Secure Boot, firmwarevalidatie, op PKI-gebaseerde authenticatie en optionele meervoudige verificatie (MFA) helpen beschermen tegen ongeautoriseerde toegang.

#### 3 IoT-apparaten thuis (Bron: AdobeStock)

Het beschermen van zowel gegevens- als netwerkverbindingen is een belangrijk onderdeel om slimme apparaten gebruiksvaardig te maken. Dit betekent dat u ervoor moet zorgen dat informatie die tussen apparaten wordt verzonden privé blijft en niet door anderen gelezen of gewijzigd kan worden. Deze beveiligingen zijn vooral belangrijk voor IoT-apparaten die vaak in slimme huizen worden aangetroffen, waar beveiligingstools zoals beschermde verbindingen en software-updates helpen om systemen up-to-date en veilig te houden.

#### 4 Smarthub Home IoT-ecosysteem (Bron: AEOTEC)

#### 5 IoT-dashboard (Bron: AdobeStock)



### Toepassing

IoT verandert onze omgeving door nieuwe manieren activabeheer mogelijk te maken, de efficiëntie te verbeteren en via gegevensanalyse betere inzichten te bieden. IoT-toepassingen omvatten, maar zijn niet beperkt tot:

- **Slimme huizen:** spraakassistenten, automatische stofzuigers, thermostaten en actuatoren.
- **Omgevingsbewaking:** temperatuur en luchtvochtigheid, IAQ (CO<sub>2</sub>, VOS...)
- **Beveiliging:** slimme camera's, bewegingssensoren en sloten bieden realtime bewaking en waarschuwingen, wat de veiligheid in huis verbetert.
- **Meetapparaten:** slimme meters voor elektriciteit, water en gas zijn inbegrepen en kunnen worden geplaatst naast die van leveranciers.
- **Slimme apparaten:** IoT-apparaten zoals slimme koelkasten, slimme ovens en slimme vaatwassers kunnen op afstand worden bediend en komen met functies zoals receptsuggeraties en geautomatiseerde orders.
- **Draagbare apparaten:** fitnesstrackers, smartwatches en andere gezondheids- en welzijnsgadgets.
- **Slim gebouw:** onder andere toezicht op bezetting en mensenstromen, toegangscontrole en energiebesparing.
- **Verbonden auto's:** parkeerbezetting, afstandsbediening en zelfbedieningsafspraken zijn enkele van de toepassingen.
- **Locatie en tracking:** van mensen en goederen.

#### 6 Thermische controller en mobiel bedieningspaneel (Bron: EVEHOME)

Naast individuele apparaatfuncties maken IoT-systemen continue gegevensbewaking, -verzameling en -verwerking in real time mogelijk, wat voorspellende inzichten en adaptief gedrag mogelijk maakt. Deze apparaten werken vaak samen met cloudgebaseerde platforms of edgecomputing-eenheden die sensorgegevens analyseren en autonome beslissingen nemen of waarschuwingen activeren. Besturingssystemen en mobiele apps bieden gebruikers gecentraliseerde toegang om IoT-operaties op afstand te configureren, beheren en visualiseren. Deze bidirectionele communicatie tussen verbonden apparaten en besturingsinfrastruc-

turen maakt meer responsieve omgevingen mogelijk en ondersteunt automatisering, energie-efficiëntie en beveiliging.



### Implementatieaspecten

#### ■ Implementatiemoeilijkheid: Laag

IoT-elektronica van consumentenkwaliteit moet eenvoudig te installeren en te bedienen zijn, zowel voor de integrator als voor de eindgebruiker. Soms kiezen producenten voor gemak of geven ze prioriteit aan veiligheid. Het zou echter niet nodig moeten zijn om voor het een of het ander te kiezen. Het waarborgen van gegevensnauwkeurigheid, veiligheid en privacy is essentieel voor het succes van netwerkgebonden sensorinitiatieven. Krachtige maatregelen op het gebied van cyberbeveiliging zijn essentieel om gevoelige informatie te beschermen en ongeautoriseerde toegang te voorkomen. Wettelijke vereisten zullen producenten dwingen om cyberbeveiliging centraal te stellen en ze zullen zeker in staat zijn om de implementatieproblemen te beperken.

#### ■ Economische levensvatbaarheid: Hoog

Het grootschalig implementeren van netwerktechnologie vereist vaak aanzienlijke investeringen in sensoren, IoT-apparaten, software, infrastructuur en gekwalificeerd personeel. Voor kleine en middelgrote implementaties is IoT echter al een volwassen technologie met een bewezen rendement op investeringen.

#### ■ Menselijke factoren

De toepassing van IoT versnelt in consumentenomgevingen, vooral via met smartphone verbonden of spraakgestuurde apparaten. Deze technologieën worden steeds meer alomtegenwoordig in het dagelijks leven: van slimme thermostaten en verlichting tot beveiligingssystemen en luchtkwaliteitssensoren. Voor fabrikanten betekent het integreren van netwerk-sensoren in meubels of interieurs een paradigmaverschuiving: het transformeert eenmalige verkopen in continue servicemodellen, met inkomsten uit op gegevens geba-

2



3



4



5



seerde diensten zoals predictief onderhoud, bewaking op afstand of gebruikersanalyse.

Het implementeren van IoT-systemen op grote schaal vereist een ingrijpende culturele en organisatorische transformatie. Bedrijven moeten evolueren naar een mentaliteit op basis van gegevens en functieoverschrijdende samenwerking bevorderen tussen IT, productontwerp en klantenservice.

Om invoering en bruikbaarheid te waarborgen, moet HR investeren in het bijscholen van werknemers op gebieden als gegevensgeletterdheid, interactie met gebruikersinterfaces en protocollen voor cyberbeveiliging. Operators en ondersteunend personeel moeten ook getraind worden om sensorgegevens te interpreteren en op passende wijze te reageren.

Bovendien vergroten participatieve ontwerpbenaderingen, waarbij werknemers betrokken zijn bij het testen en verbeteren van slimme systemen, het eigenaarschap en de acceptatie. Ethische aspecten zoals gegevensprivacy, grenzen van het toezicht houden op werknemers en algoritmische transparantie moeten proactief worden behandeld in overleg met het personeel.

Kortom, menselijke acceptatie, vertrouwen en digitale vaardigheid zijn cruciaal voor een succesvolle implementatie van het IoT.

### ■ Omgevingsfactoren

De implementatie van netwerksensoren speelt een sleutelrol bij het verkleinen van de ecologische voetafdruk, het minimaliseren van afval en het verhogen van de energie-efficiëntie. IoT-apparaten kunnen het energieverbruik in huis aanzienlijk verminderen door middel van realtime bewaking, automatisering en geoptimaliseerd energiebeheer. Daarnaast dienen netwerksensoren als basis voor predictief onderhoud, waardoor apparatuur zoals ketels of airconditioners langer meegaat en onnodig ingrijpen wordt geminimaliseerd.

De ecologische voetafdruk groeit echter snel door de toename van ingebouwde elektronica, continue gegevensuitwisseling en infrastructuurbehoeften.

Op hardwareniveau omvatten IoT-apparaten sensoren, microcontrollers, communicatiemodules (bijv. wifi, Bluetooth, LTE) en batterijen. Deze componenten bestaan doorgaans uit zeldzame aardmetalen, koper, lithium, kobalt en technische polymeren, die allemaal een aanzienlijke milieu-impact hebben. De miniaturisatie en integratie van elektronica verbetert weliswaar

de functionaliteit maar belemmert vaak demontage en recyclebaarheid, wat leidt tot zorgen over elektronisch afval (e-waste).

De productiefase van IoT-apparaten is energie-intensief en omvat halfgeleiderfabricage, printplaatproductie en assemblage in gecontroleerde omgevingen. Veel apparaten zijn ontworpen om goedkoop en wegwerpbaar te zijn, met een korte levensduur (2-5 jaar) van producten, met een grotere milieu-impact als gevolg. Bovendien betekent de wereldwijde schaal van IoT dat zelfs een kleine impact per apparaat zich vertaalt in een aanzienlijk totaaleffect.

Tijdens de operationele fase verbruiken de meeste IoT-apparaten individueel minimale energie. Hun cumulatieve elektriciteitsvraag is echter aanzienlijk, vooral wanneer deze wordt opgeschaald over miljoenen knooppunten. Naast de kracht die nodig is om apparaten te laten draaien, is voor gegevenstransmissie, cloudopslag en analyses een aanzienlijke digitale infrastructuur nodig.

Veel IoT-systemen zijn cloudafhankelijk en verzenden sensorgegevens naar gecentraliseerde servers voor verwerking. Dit vergroot de ecologische voetafdruk, vooral wanneer laagwaardige of redundante gegevens continu wordt gestreamd.

### ■ Afstemming op certificeringen en regelgeving

Het implementeren van netwerksensoren in een fabriek vereist naleving van uiteenlopende regelgeving en normen met betrekking tot gegevensbeveiliging, interoperabiliteit, milieu-impact en specifieke eisen. Hieronder volgen enkele belangrijke regelgevende overwegingen:

- De essentiële vereiste zoals vastgelegd in artikel 3(3), punt (d), van **Richtlijn 2014/53/EU** is van toepassing op elke radioapparatuur die via het internet kan communiceren, ongeacht of dat direct of via andere apparatuur ("met internet verbonden radioapparatuur") gebeurt.
- **prEN18031-1**: Met internet verbonden radio (beveiligings- en netwerkrisico)
- **prEN18031-2**: Diverse radioapparatuur (speelgoed, draagbare apparatuur) (beveiligings- en privacyrisico)
- **prEN18031-3**: Radiobeheerde valuta (beveiligings- en financieel risico)
- **AVG (Algemene Verordening Gegevensbescherming - EU)**: Regelt gegevensverzameling, -verwerking en -opslag, en waarborgt de privacy van persoons- en industriële gegevens.
- **ISO/IEC 27001**: Internationale norm voor informatiebeveiligingsbeheer.

6





### Oplossingen



#### **Fiware Middleware-platform**

*Nivid Technologies*



*Verenigde Staten* ↔

FIWARE is een opensourceplatform dat de ontwikkeling van slimme toepassingen ondersteunt met behulp van open standaarden en geavanceerde technologieën. Het bevordert de interoperabiliteit, stimuleert innovatie, verlaagt kosten en verbetert publieke diensten. Eigen oplossingen, zoals het smart city-platform van Telefónica, bouwen voort op de kern van FIWARE, waarbij gebruik wordt gemaakt van API's, gedeelde gegevensmodellen en realtime gegevensuitwisseling voor naadloze compatibiliteit.



#### **Afstemming van fabrikantproducten op het Smart Home IoT-ecosysteem**

*Open Home Foundation*

*Nieuw-Zeeland* ↔ ↔ ↔ ↔

Home Assistant ↔, Google Home, ↔ Apple HomeKit ↔, Tuya Home ↔, Samsung SmartThings ↔... Deze bedrijven creëren niet alleen producten; ze ontwikkelen IoT-ecosysteemmerken die gemak, veiligheid en efficiëntie bieden. De onderlinge verbinding tussen de dingen betekent dat gebruikers niet langer tevreden zijn met het gebruik van één enkel product/dienst, maar beginnen te eisen dat er een holistische oplossing op basis van een scenario is.



#### **Nieuwe IP-gebaseerde energiezuinige connectiviteitsprotocollen voor slimme huizen**

*Threadgroep*

*Verenigde Staten* ↔

Wifi was ooit inefficiënt voor IoT-apparaten die op batterijen werkten, maar wifi 6 introduceerde functies zoals Target Wake Time (TWT) om het stroomverbruik te verminderen. Dit maakte nieuwe IoT-protocollen mogelijk zonder extra hardware. Thread, een energiearm mesh-protocol, biedt veilige, schaalbare communicatie. Matter, dat door grote technologiebedrijven werd geïntroduceerd, bouwt voort op Thread en wifi om naadloze interoperabiliteit tussen slimme huisapparaten te waarborgen. ▶



#### **IoT-oplossing voor veiligheid in woon- en werkomgevingen**

*Netatmo*

*Frankrijk* ↔

De slimme rookmelder Netatmo is een zelfstandige, wifi-compatibele rookmelder die realtime waarschuwingen naar uw smartphone verstuurt. Hij beschikt over een hoogpresterende foto-elektrische sensor, die een alarm van 85 dB afgeeft wanneer rook wordt gedetecteerd. Met een batterijduur van 10 jaar hoeft de batterij niet meer regelmatig te worden vervangen. Het apparaat bevat ook een zelftestfunctie, waarbij de batterij, sensor en wifiverbinding worden gemonitord en u op de hoogte worden gebracht van eventuele problemen. De installatie is eenvoudig en integreert naadloos met de Home + Security-app, die compatibel is met iOS- en Android-apparaten.



#### **Fast-track ontwikkelingskader**

*Blynk Technologies Inc.*



*Verenigde Staten* ↔

Blynk is een laag-code IoT-platform dat productontwikkeling versnelt met appontwikkelaars via slepen en neerzetten, apparaatbeheer en cloudinfrastructuur. Het ondersteunt snelle prototypes, platformonafhankelijke hardware en naadloze integratie, waardoor snelle, schaalbare IoT-oplossingen met minimale codering mogelijk zijn.



#### **IoT-sensoren en -apparaten**

*TEKTELIC Communications*



*Canada* ↔

TEKTELIC ontwerpt en produceert LoRaWAN-ondersteunde® IoT-apparaten die omgevings- en operationele gegevens omzetten in bruikbare inzichten. Hun sensoren kunnen een reeks parameters bewaken, waaronder temperatuur, beweging, luchtkwaliteit en de status van apparatuur, zowel binnen als buiten. Deze apparaten worden gebruikt in toepassingen zoals het bijhouden van activa, omgevingsbewaking en het optimaliseren van de prestaties van gebouwen.



## Voorbeelden



### Ojmar

Spanje



Slimme IoT-vergrendelingssystemen: OJMAR, een bedrijf met meer dan 90 jaar ervaring in de productie van meubel sloten, is geëvolueerd van het produceren van duurzame mechanische sloten naar het aanbieden van door IoT ondersteunde elektronische oplossingen. Aanvankelijk gericht op eenmalige verkoop, genereert het nu inkomsten via onderhoud, software en gegevensanalyse. OJMAR bedient 24-uurs sportcentra en maakt gebruik van IoT voor predictief onderhoud en gebruikersgegevens, waarbij servitiseer- en digitale transformatie worden omarmd.



### Ikea

Zweden



In meubels ingebouwde IoT (product & dienstverlening): De IKEA STARKVIND-tafel heeft een ingebouwd luchtfilter dat stofdeeltjes, allergenen en verontreinigende stoffen uit de omgeving verwijdert, wat bijdraagt aan een schonere en gezondere omgeving in de ruimte waar de tafel staat. Hij beschikt over een deeltjesfilter dat is geoptimaliseerd om ongeveer 99,5% van de luchtdeeltjes te filteren.



### Ori Living

Verenigde Staten



Uitbreidbare appartementen met robotmeubilair: Ori Living werd opgericht door Hasier Larrea en maakt Ori ruimtetransformatie een fluitje van een cent met zijn plug-and-play toolkit die architecten en ontwikkelaars in staat stelt innovatievere, flexibelere en aantrekkelijkere woonomgevingen te ontwerpen. Ori introduceert een dynamisch ontwikkelingsmodel dat beter aansluit bij de behoeften van zowel huurders als ontwikkelaars en zo de weg vrijmaakt voor een flexibel en intuïtief leven. Ondersteund door een decennium aan innovatie, duizenden echte installaties en wortels in MIT-ontwikkeling, bieden Ori's eigen robotsystemen een bewezen ontwerp oplossing. Ze geven architecten de tools om transformerende thuiservaringen en ruimteverbredende appartementtypes te creëren die naadloos in elk bouwtype opgaan.



### Morfeus (in samenwerking met

Cosmob)

Italië



Slimme oplossingen voor optimale slaapkwaliteit: Het Italiaanse merk Morfeus heeft, in samenwerking met Cosmob, het technologisch centrum voor de hout- en meubelsector, een innovatief matras ontwikkeld met geïntegreerde geavanceerde sensoren om belangrijke parameters te bewaken die de slaapkwaliteit beïnvloeden. Specifiek volgen sensoren die in het matras zijn opgenomen, temperatuur, vochtigheid en slaaphouding, terwijl externe sensoren die op het systeem zijn aangesloten omgevingsfactoren in de slaapkamer meten, zoals temperatuur, vochtigheid, luchtkwaliteit, helderheid en geluid. Alle verzamelde gegevens worden geanalyseerd en via een speciale smartphone-app aan de gebruiker doorgegeven, met gepersonaliseerd advies en suggesties om de slaapkwaliteit te verbeteren.



### Autonomous

Verenigde Staten



Autonomous desk met AI: Autonomous Desk maakt automatische hoogteverstelling mogelijk om gezondere werkgewoonten te bevorderen. Tijdens een initiële kalibratieperiode stelt de gebruiker handmatig de voorkeur voor zit- en stahoogtes in. Het bureau registreert deze gegevens om gepersonaliseerde bewegingspatronen vast te stellen.

Eenmaal geconfigureerd, schakelt het bureau over tussen zittende en staande posities op basis van het aangeleerde gebruikersgedrag, met als doel de zittijd tijdens de werkdag te verminderen. Als 's morgens de aanwezigheid van de gebruiker wordt gedetecteerd, past het zich automatisch aan op de vooraf ingestelde staande hoogte. Als langdurig zitten wordt gedetecteerd, geeft het systeem een prompt om de gebruiker aan te moedigen op te staan. Regelmatige van houding veranderen kan bijdragen aan betere ergonomie en op de lange termijn positief voor de gezondheid zijn.



### Eight Sleep

Verenigde Staten



Slim matras met AI-sensoren en gezondheidstracking: EightSleep Pod maakt gebruik van door IoT en AI aangestuurde sensoren om realtime gezondheidstracking, voorspellende ziekte waarschuwingen en adaptieve temperatuur- en hoogtecontroles te leveren. Hij onderscheidt zichzelf door immersieve slaapoptimalisatie, smartphone-gekoppelde bewaking en geautomatiseerde aanpassingen voor gepersonaliseerde rust, wat met traditionele producten niet mogelijk is.



### Beschrijving

Basismodellen voor beeldgeneratie vormen een geavanceerde categorie binnen het vakgebied van generatieve kunstmatige intelligentie. Ze zijn het resultaat van de evolutie van diepe neurale netwerken (Deep Learning) en technieken voor machinaal leren die zijn gericht op visuele generatie. Deze technologie stelt gebruikers in staat creatieve processen te optimaliseren en te versnellen, wat resulteert in hoogwaardige resultaten. In de meubelsector is er potentieel om een intelligente creatieve assistent te worden voor ontwerpers, interieurarchitecten en andere rollen die betrokken zijn bij de creatie en personalisatie van producten. <sup>1</sup>

Aan de op AI gebaseerde beeldgeneratie liggen belangrijke ontwikkelingen in het afgelopen decennium ten grondslag. Het begon in 2014 met de introductie van Generative Adversarial Networks (GANs) door Ian Goodfellow, gevolgd door modellen zoals StyleGAN, BigGAN en diffusiemodellen, die in staat zijn realistische gezichten, afbeeldingen en video's te genereren uit tekst, schetsen, audio of gestructureerde gegevens.

Een keerpunt kwam in 2021 met DALL·E 1, het eerste multimodale generatieve model van OpenAI dat bruikbare resultaten boekte bij het omzetten van tekst in beeld. Dit betekende de consolidatie van een technologie die jarenlang beperkte resultaten had opgeleverd, waardoor de mogelijkheden van ontwerp, communicatie en ruimtelijke ideeën aanzienlijk werden uitgebreid.

In 2022 werd de technologie breder toegankelijk met de introductie van DALL·E 2, met verbeterde outputkwaliteit, naast andere modellen zoals Imagen (Google), Stable Diffusion (opensource) en Midjourney. In 2022 en 2023 ontstonden nieuwe technieken, zoals LoRA (Low-Rank Adaptation), waarmee efficiënt getraind kan worden, en tools zoals ControlNet, img2img en inpainting/outpainting, die meer controle geven over compositie, detail en canvasuitbreiding. Platforms zoals ComfyUI bieden ook visuele omgevingen voor het werken met



Implementatiemoeilijkheid: **Gemiddeld**Economische levensvatbaarheid: **Gemiddeld tot hoog**

# Generatieve AI voor ontwerp op maat en snelle ontwikkeling van prototypes

complexe workflows op modellen zoals Stable Diffusion of Flux. <sup>2</sup>

De belangrijkste drijfveer achter de opkomst van deze tools is niet alleen de technologie zelf. Dankzij betaalbare, redelijk complexe tools hebben gebruikers nu toegang tot mogelijkheden die voorheen beperkt waren tot onderzoeksomgevingen. Naast het uitbreiden van het aanbod zorgen nieuwe tools en technieken voor een gemeenschap van gebruikers die met modellen experimenteren, ze aanpassen en voor specifieke gebruikssituaties personaliseren.

Er zijn al meerdere commerciële oplossingen gebaseerd op deze modellen, variërend van visuele platforms die nieuwe bedrijfsmodellen verkennen via deze technologie, zoals Freepik of Krea AI, tot integraties in gangbare tools zoals Autodesk Revit (met Veras) of SketchUp (met SketchUp Diffusion). Dit stelt bedrijven in staat het potentieel van generatieve AI te benutten zonder hun werkprocessen te verstoren, wat de toepassing gemakkelijker maakt en de leercurve verkort. <sup>3</sup>

Generatieve beeld-AI biedt de meubelindustrie een nieuwe manier om in de vroege stadia van het creatieve proces concepten te verkennen en visualiseren. Van het genereren van moodboards en prototypes tot materiaalsimulatie, het maakt snelle herhaling mogelijk bij meerdere alternatieven, waardoor tijd en operationele kosten worden verminderd.

Bovendien stimuleren multimodale generatieve modellen wat bekend staat als augmented creativity: een vloeiende samenwerking tussen ontwerper en kunstmatige intelligentie. Hoewel de AI visuele varianten, onverwachte ideeën of specifieke aanpassingen suggereert, blijft de professional gefocust op strategische besluitvorming.

De volgende delen gaan dieper in op de toepassingen en wat de impact van deze technologie op de meubelsector is, waar het wordt gepositioneerd als een tool die de toegevoegde waarde verhoogt en de operationele efficiëntie verbetert, creatieve innovatie stimuleert en strategische besluitvorming ondersteunt gedurende het hele proces van ontwerp en prototypes maken.



## Toepassing

In de meubelsector helpt generatieve AI belangrijke taken in het proces van ontwerp en prototypes maken te stroomlijnen, zoals het genereren van visuele varianten, het beoordelen van prototypes of het creëren van visuele documentatie. Dit verhoogt de operationele efficiëntie en ondersteunt zowel creatieve als technische besluitvorming. <sup>4</sup>

## Geautomatiseerde moodboards voor ontwerpconcepten

Deze tools stellen ontwerp- en productteams in meubelbedrijven in staat om automatisch moodboards te genereren op basis van tekstuele beschrijvingen of visuele referenties. Ze faciliteren de synthese van esthetische trends, kleurenpaletten en materiaalcombinaties (zoals hout, textiel, metaal of afwerkingen) tot samenhangende visuele composities, waardoor teams opkomende markttrends in real time kunnen bekijken. Ze dragen ook bij aan het vroegtijdig identificeren van technische beperkingen of klantvoorkeuren, waardoor de coördinatie tussen ontwerp, productie en verkoop wordt verbeterd. Dit optimaliseert niet alleen de winstgevendheid qua kosten en tijd, maar versnelt ook creatieve besluitvorming, wat leidt tot resultaten die beter aansluiten bij de verwachtingen van de klant. <sup>5</sup>

## Visuele voorstellen tijdens het maken van prototypes van het product

Van de eerste generatie digitale schetsen tot de uiteindelijke visualisaties bieden deze tools continue visuele ondersteuning gedurende het ontwerp en het maken van prototypes van nieuwe meubeloplossingen. Ontwerpers kunnen automatisch meerdere productvarianten genereren vanuit één uitgangskoncept, tekstinput en/of afbeelding, wat de onderhandeling en bevestiging van oplossingen met klanten en commerciële of technische afdelingen vergemakkelijkt. Deze toepassing versterkt de samenwerking tussen afdelingen en maakt duidelijke en effectieve communicatie mogelijk via concrete en realistische productvisualisaties.

## Keuze van materiaal en afwerking op basis van specifieke criteria

Het vermogen van generatieve modellen om een breed scala aan materialen en afwerkingen nauwkeurig te simuleren biedt productontwerpers een aanzienlijk voordeel, doordat zij volgens technische, functionele en omgevingscriteria kunnen werken. Deze tools maken het mogelijk om direct te visualiseren hoe verschillende materialen op één digitaal meubelontwerp kunnen worden toegepast. Bovendien kunnen deze visualisaties worden verrijkt met relevante gegevens over variabelen zoals de ecologische voetafdruk, technische prestaties of recyclebaarheid. Dit ondersteunt weloverwogen besluitvorming en maakt het mogelijk voorstellen te maken die niet alleen esthetisch aantrekkelijk zijn, maar ook voldoen aan duurzaamheid, functionaliteit en haalbaarheidscriteria voor productie.

### Immersieve virtuele ervaringen voor validatie van prototypes

De combinatie van generatieve AI met immersieve visualisatietechnologieën, zoals virtual en augmented reality, vormt een opkomend toepassingsgebied met groot potentieel voor de meubelsector. Door het creëren van immersieve virtuele omgevingen kunnen prototypes in context worden gevisualiseerd en zijn realtime aanpassingen van afwerkingen of ruimtelijke indelingen mogelijk. Dit zorgt voor een flexibele en goed geïnformeerde technische en esthetische besluitvorming. Virtuele prototypes optimaliseren de tijd en kosten die gepaard gaan met het maken van fysieke modellen en verbeteren de communicatie- en onderhandelingsmogelijkheden met klanten en productieteams aanzienlijk. <sup>6</sup>

### Automatisering van visuele technische documentatie

Repetitieve taken bij het opstellen van visuele technische bladen, gedetailleerde plannen en definitieve renders kunnen worden geautomatiseerd met generatieve tools. Dit stelt ontwerpers in staat zich te richten op creatieve taken met een hogere toegevoegde waarde, zoals de visuele ontwikkeling van nieuwe oplossingen, stijlonderzoek of het aanpassen van klantvoorstellen. Automatisering verbetert niet alleen visuele consistentie en versnelt de productie van grafische documentatie, maar vergroot ook de capaciteit van het team om visuele activa te genereren die het project verrijken en in elke fase van het ontwerpproces differentiatie toevoegen.



### Implementatieaspecten

#### ■ Implementatiemoeilijkheid: Gemiddeld

Het gebruik van generatieve AI-tools zoals Krea of VIZ-COM brengt lage kosten met zich mee en stelt teams in staat om zonder grote hindernissen met visuele prototypes te werken. Het moeilijkheidsniveau neemt toe met aangepaste ontwikkelingen en meer gespecialiseerde omgevingen zoals Stable Diffusion, die meer technische en financiële investeringen vereisen. Bovendien brengt het integreren van deze tools in bestaande workflows uitdagingen met zich mee binnen organisaties. Het is daarom essentieel om organisatorische transformatie te bevorderen die weerstand tegen verandering vermindert, teams traint in het gebruik van deze tools en het formuleren van effectieve prompts en creatieve experimenten stimuleert.

#### ■ Economische levensvatbaarheid: Gemiddeld tot hoog

De benodigde investering hangt af van het type oplossing; het gebruik van bestaande tools kost weinig, terwijl voor ontwikkelingen op maat een hogere initiële investering nodig is. Desalniettemin kan het rendement op investering (ROI) aanzienlijk zijn dankzij snellere creatieve processen en minder behoefte aan prototypes van fysiek meubilair, wat de investering in tijd en materialen verlaagt. Er zijn flexibele opties, van interne oplossingen tot externe diensten, waarmee u uitgaven kunt afstemmen op het digitale volwassenheidsniveau en de interne capaciteiten van elk bedrijf.

#### ■ Menselijke factoren

De integratie van generatieve AI in creatieve workflows opent nieuwe mogelijkheden voor professionals om zich te richten op taken met een hogere toegevoegde waarde. Deze tools automatiseren repetitief werk zoals het genereren van visuele varianten of het produceren van grafische documentatie, waardoor ontwerpers tijd vrijmaken om innovatieve oplossingen te verkennen, te experimenteren met opkomende stijlen of voorstellen aan te passen aan specifieke contexten. Ze maken ook een vloeiende dialoog mogelijk tussen ontwerper en machine, waarbij de AI als medeontwerper optreedt: het stelt voor, past aan en visualiseert, terwijl de mens strategische beslissingen neemt, de beste opties selecteert en deze naar eigen inzicht verfijnt. Deze samenwerkingsgerichte aanpak verbetert niet alleen de productiviteit, maar ook toegepaste creativiteit en de algehele kwaliteit van het eindresultaat.

Er moeten echter verschillende uitdagingen worden aangepaan om deze technologie effectief te integreren. Ten eerste moeten organisaties een cultuuromslag stimuleren die AI positioneert als een vertrouwde copiloot, niet als concurrent.

Dit omvat gestructureerde training in prompt-engineering, kritische interpretatie van gegenereerde content en de ontwikkeling van visuele geletterdheid om door AI ondersteunde resultaten te beoordelen.

Even belangrijk is het aanpakken van ethische implicaties: het waarborgen van transparantie over modelcapaciteiten en -beperkingen, het verduidelijken van auteurschap van door AI gegenereerde activa en het documenteren van de oorsprong en het gebruik van trainingsgegevens.

Er kunnen ook nieuwe functies ontstaan, zoals "AI Design Strategist" of "Prompt Curator", die hybride vaardigheden vereisen: creatieve richting in combinatie met AI-geletterdheid.

Tot slot is open communicatie tussen HR-, ontwerp- en IT-teams essentieel voor het creëren van een veilig en boeiend invoeringsproces, waar feedback, experimenteren en continu leren worden aangemoedigd.

Een verantwoordelijke, mensgerichte implementatie zorgt ervoor dat AI de creatieve professional verbetert, niet vervangt, en zo hun relevantie en impact binnen een digitaal getransformeerd ontwerpproces versterkt.

### ■ Omgevingsfactoren

Wanneer generatieve AI wordt toegepast op meubel- en interieurontwerp, kan het de milieu-impact van creatieve en productieprocessen aanzienlijk verminderen. Het digitaal valideren van concepten, prototypes en materialen vóór productie vermindert door fouten veroorzaakt afval of onnodige tests en voorkomt de vorming van fysiek afval. Deze technologieën maken ook het simuleren van gebruiksscenario's mogelijk, vroege beoordeling van de haalbaarheid van duurzaam ontwerp en optimalisatie van productieprocessen om het energieverbruik te verlagen. Daarnaast openen ze nieuwe wegen om de principes van de kringlooeconomie te integreren, zoals modulariteit, herstelbaarheid en recyclebaarheid.

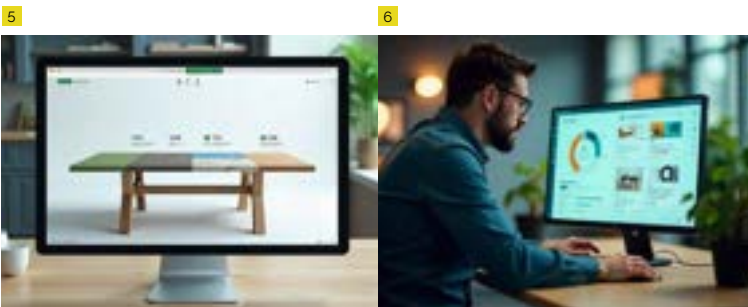
Op bepaalde milieu-impacts moet echter toezicht worden gehouden. Volgens verschillende bronnen kan het trainen van geavanceerde modellen meer dan 500 ton CO<sub>2</sub> genereren, en datacentra verbruiken grote hoeveelheden hulpbronnen: tot wel 216 miljoen liter water per week voor koeling. Bovendien kan snelle veroudering van hardware leiden tot naar schatting 5 miljoen ton elektronisch afval tegen 2030.

Naast het elektriciteits- en waterverbruik maakt de hardware zelf, voornamelijk GPU's en gespecialiseerde AI-chips, intensief gebruik van hulpbronnen tijdens de productie. Deze apparaten bevatten zeldzame aardmetalen en edelmetalen, zoals kobalt, goud en neodymium, wat bijdraagt aan milieudegradatie en zorgen over mensenrechten in verband met mijnbouw. Het frequente upgraden van hardware om grotere modellen

te kunnen accommoderen zorgt voor meer elektronisch afval (e-waste) en verkort de levensduur van apparatuur. In dit opzicht kunnen op AI gebaseerde tools de naleving van de Ecodesign-verordening (EU 2024/1781) ondersteunen, die de creatie van duurzame producten met een lange levensduur bevordert. Evenzo kan de toepassing van hernieuwbare energie in bedrijven die AI gebruiken, aangemoedigd door Richtlijn (EU) 2018/2001, de milieuvoordelen van deze oplossingen verder versterken. Bovendien vereist de AI Act, die sinds augustus 2024 van kracht is, dat de milieu-impact van AI wordt beoordeeld, wat een verantwoordere en transparantere toepassing bevordert. Om deze technologieën op een milieuvriendelijke manier in te zetten, wordt aanbevolen om tools te selecteren die minder energie vragen, hun gebruik aan te passen aan de werkelijke behoeften en interne meetwaarden vast te stellen om de ecologische impact in de tijd te monitoren.

### ■ Afstemming op certificeringen en regelgeving

In de meubelsector kan generatieve AI naleving van CE-markeringen ondersteunen via digitale simulaties die conformiteit vóór productie verifiëren, bij producten die onder regelgeving vallen, zoals kindermeubels of artikelen met elektrische componenten. Het maakt ook het genereren van nauwkeurige gegevens voor milieuproductverklaringen (EPD's) mogelijk, optimaliseert materiaalkeuze en maakt een schatting van de ecologische voetafdruk, waardoor bedrijven kunnen voldoen aan normen zoals ISO 14025 en voldoen aan de milieucertificeringseisen van openbare aanbestedingen en internationale markten.



## Generatieve AI voor ontwerp op maat en snelle prototypes



### Oplossingen



#### 4o Image Generation

OpenAI

Verenigde Staten ↔

Het 4o-model van OpenAI maakt het mogelijk om zeer realistische afbeeldingen te genereren uit tekstprompts, schetsen of referentiefoto's. Het verbetert creatieve workflows door ontwerpers in staat te stellen snel concepten te visualiseren en ontwerpalternatieven te verkennen zonder traditionele 3D-rendering of prototypes, wat de ontwikkeling van prille ideeën in vakgebieden als meubel- en productontwerp aanzienlijk versnelt.



#### Midjourney Image Generator

Midjourney

Verenigde Staten ↔

Midjourney is een tekst-naar-beeld generator die bekend staat om het produceren van gestileerde en artistieke visuals op basis van eenvoudige tekstinput. Het wordt veel gebruikt door ontwerpers en creatievelingen om snel moodboards, ontwerpomgevingen en esthetische concepten te visualiseren, waardoor het een efficiënte tool is voor brainstorming en vroege visualisatie in creatieve sectoren zoals meubels en industrieel ontwerp.



#### Krea.ai generatief platform

Krea.ai

Verenigde Staten ↔

Krea.ai biedt een generatief ontwerpplatform dat schetsen, foto's of tekst omzet in verfijnde, hoogwaardige beelden. Speciaal voor creatieve professionals is de tool op maat gemaakt en ondersteunt snelle visuele ideeën en variantgeneratie, waardoor ontwerpers meerdere meubelontwerpidéeën in real time kunnen testen en innovatie stimuleren zonder handmatig rendering te hoeven doen.



#### Vizcom AI-tool om prototypes te maken

Vizcom

Verenigde Staten ↔

VIZCOM is een door AI aangestuurde tool die is ontworpen om via realtime beeldgeneratie prototypes van producten te maken. Door schetsen of tekst om te zetten in gedetailleerde visuele weergaven, stelt het ontwerpers in staat om snel productvormen en functies te verbeteren. VIZCOM, dat zijn diensten vooral in industrieel en meubelontwerp bewijst, slaat een brug tussen de eerste ideeën en verfijnde conceptvisualisatie.



#### Door AI aangestuurde renderingtool

Rendair

Spanje ↔

Rendair biedt door AI aangestuurde renderingoplossingen die schetsen, foto's en plattegronden omzetten in hoogwaardige visuele content. Dit versnelt productontwikkeling en ruimteplanning door kosteneffectieve, snelle alternatieven voor prototypes te bieden voor meubel- en interieurontwerpers



#### Stable Diffusion

Stability AI

Verenigd Koninkrijk ↔

Stable Diffusion is een opensource beeldgeneratiemodel dat tekst of afbeeldingen omzet in fotorealistische beelden. De flexibiliteit en controle maken het ideaal voor prototypes op maat of producten, waardoor ontwerpers stijlen, materialen en vormen kunnen verbeteren zonder dure rendertools of fysieke mock-ups, wat de creatieve experimenten en snelheid stimuleert



#### Furniture Generator

OpenArt AI

Verenigde Staten ↔

OpenArt AI Furniture Generator maakt realistische meubelafbeeldingen op basis van tekstprompts, foto's of schetsen. Het helpt ontwerpers en fabrikanten om producten snel te visualiseren, waardoor de kosten voor prototypes worden verlaagd en het creatieve proces in meubelontwerp wordt versneld, omdat concepten snel en zonder fysieke monsters kunnen worden verkend.



#### Visualize AI Platform

Visualize AI

India ↔

Visualize AI biedt een intuïtief platform voor het genereren van gedetailleerde product- en ruimte-renderings op basis van schetsen, foto's of plattegronden. Het ondersteunt meubel- en interieurontwerpers door prototypes te vereenvoudigen en visuele content sneller te creëren, waardoor besluitvorming en communicatie met klanten en belanghebbenden worden verbeterd.



#### AI-platform voor ruimterendering

Spacely AI

Thailand ↔

Spacely AI is gespecialiseerd in het genereren van fotorealistische weergaven van woonruimtes uit afbeeldingen of tekst, waarmee ontwerpers worden geholpen indelingen en meubelindelingen te visualiseren. De op AI gebaseerde aanpak vermindert de afhankelijkheid van traditionele rendermethoden, waardoor tijd en kosten bespaard worden bij interieurontwerp en architectuurprojecten.

**AI-agent voor ontwerp***Oda AI**Verenigde Staten* ↻

Oda AI Agent maakt gebruik van kunstmatige intelligentie om gedetailleerde product- en ruimtevisualisaties te creëren op basis van uiteenlopende inputs, waaronder schetsen en tekst. Het verrijkt de meubel- en woonruimtesector door prototypeprocessen te stroomlijnen en een snelle herhaling van ontwerpconcepten mogelijk te maken.

**Platform voor generatie van visuele content***Presti AI**Verenigde Staten* ↻

Presti AI maakt het mogelijk om op basis van tekst of afbeeldingen realistische meubel- en ruimerenderings te genereren, wat ontwerpers helpt bij het maken van snelle prototypes en visualisatie. Het platform verbetert creatieve workflows door de noodzaak van fysieke monsters en traditionele rendering te verminderen, wat de efficiëntie in ontwerpprojecten verhoogt.

**AI-renderingtoepassing***Fermat**Spanje* ↻

De door AI aangedreven app van Fermat produceert foto-realistische product- en ruimerenderings op basis van schetsen, foto's of tekstbeschrijvingen. Met een focus op de meubel- en interieurontwerpmarkten vermindert het de tijd en kosten van prototyping en maakt tegelijkertijd snelle conceptvisualisatie mogelijk.

**Contextbewuste tool om interieur te herontwerpen***Interio-AI**Verenigde Staten* ↻

Interior AI biedt een door AI aangestuurd platform dat interieurruimtes opnieuw ontwerpt door op basis van bestaande context meubels, stijlen en indelingen voor te stellen. Het stelt gebruikers in staat om direct meerdere meubelscenario's te verkennen, wat creativiteit en besluitvorming tijdens projecten voor interieurontwerp versterkt.

**AI-assistent voor interieurontwerp***RoomGPT**Verenigde Staten* ↻

RoomGPT gebruikt AI om verschillende alternatieve interieurontwerpen te genereren op basis van gebruikersfoto's, waarbij nieuwe meubelindelingen en -stijlen worden voorgesteld. Deze snelle en eenvoudige tool ondersteunt huiseigenaren en professionals bij het visualiseren van verschillende meubelopties zonder handmatige herontwerpen

**Door AI aangestuurd platform om interieur opnieuw te ontwerpen***REImagine Home**Canada* ↻

REImagine Home maakt gebruik van AI om contextbewuste oplossingen voor herontwerp van interieur aan te bieden. Het stelt meubels, indelingen en stijlen voor die zijn afgestemd op de ruimte van de gebruiker, waardoor snel meerdere meubelscenario's kunnen worden verkend en weloverwogen ontwerpbeslissingen met minimale inspanning worden ondersteund.

**AI-tool voor materiaal- en afwerkingsselectie***Polaron AI**Verenigd Koninkrijk* ↻

Polaron AI is gespecialiseerd in materialen en afwerkingen die op basis van AI worden geselecteerd, waarbij keuzes worden geoptimaliseerd op basis van esthetische, technische en omgevingscriteria. Dit is een aanvulling op interieurontwerptools aan door professionals te helpen de beste materialen voor meubels en ruimtes te kiezen, waardoor de duurzaamheid en ontwerp kwaliteit worden verbeterd.

## Generatieve AI voor ontwerp op maat en snelle prototypes



### Voorbeelden



#### **Kartell**

*Italië*



Een meubelcollectie ontworpen door het Kartell-team in samenwerking met generatieve AI, waarbij nieuwe esthetische en functionele vormen worden verkend via een gezamenlijke creatie van mens en machine in productontwerp.



#### **Studio Snoop**

*Australië*



Een ontwerpstudio met Tilly Talbot, een virtuele door generatieve AI aangestuurde ontwerper. Tilly werkt samen met het menselijke team om nieuwe meubelstukken te creëren, waaronder surrealistische krukjes die in 2023 zijn vervaardigd en tentoongesteld als voorbeeld van cocreatie tussen AI en ontwerpers.



#### **StagenHome**

*Spanje*



Een platform gebaseerd op generatieve kunstmatige intelligentie dat echte beelden van lege ruimtes omzet in aangeklede voorstellen in verschillende stijlen. Het genereert automatisch zowel het meubilair als de omgeving, waardoor realistische visualisaties worden geboden waarmee gebruikers in enkele seconden meerdere ontwerpalternatieven kunnen verkennen. Ideaal om te experimenteren met indelingen, stijlen en afwerkingen zonder handmatige renders.



#### **Juliettes Interiors**

*Verenigd Koninkrijk*



Een bedrijf dat het mondelinge verzoek van een klant tot leven bracht via een samenwerkingsproces dat begon met door AI gegenereerde concepten. Deze werden uitgewerkt tot technische tekeningen en vervolgens vervaardigd door bekwame ambachtslieden, wat resulteerde in een op maat gemaakte eettafel die innovatie combineerde met praktisch ontwerp en hoogwaardig vakmanschap.



#### **Meridiani**

*Italië*



Een generatief AI-platform in uitvoering voor interieurontwerp. De tool creëert in real time aangepaste kamervisuals, waardoor ontwerpers en klanten de vroege projectfasen versnellen en eenvoudiger maken, terwijl de focus op personalisatie, creativiteit en gebruikerservaring behouden blijft.



#### **HC28 Cosmo**

*China*



De TWISTY MINI-fauteuil van Roderick Vos voor HC28 COSMO is geïnspireerd op door AI gegenereerde conceptbeelden. De continue lusvorm ontstond uit het interpreteren van generatieve beelden in fysiek ontwerp. Dit sculpturale werk illustreert de dialoog tussen kunstmatige intelligentie en menselijke creativiteit, waarbij het abstracte, algoritmische esthetiek vertaalt naar een speels, ergonomisch stuk meubilair.



#### **Paola Lenti**

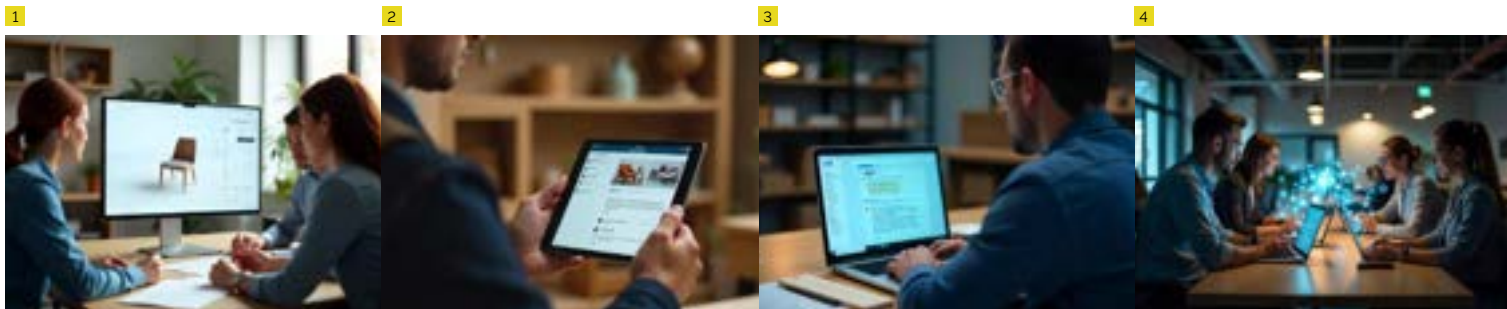
*Italië*



Paola Lenti's "Alma"-collectie uit 2025 werd samen met Francisco Gómez Paz en met behulp van generatieve algoritmen gecreëerd. AI optimaliseert lichte roestvrijstalen frames die door CNC zijn vervaardigd, waardoor onbeperkte aangepaste maten en duurzame, vullingvrije zitplaatsen mogelijk zijn, en industriële personalisatie, kortere cycli voor prototypes en minder materiaal- en energieverstopping demonstreert.



# 13



Implementatiemoeilijkheid: **Gemiddeld**Economische levensvatbaarheid: **Gemiddeld tot hoog**

## Door AI aangestuurde kennisbeheersystemen



### Beschrijving

Foundation modellen vormen een van de belangrijkste innovaties in kunstmatige intelligentie van de afgelopen decennia. Voor hun ontstaan moesten voor de ontwikkeling van AI-oplossingen voor het verwerken van complexe teksten of content trainingsmodellen helemaal opnieuw worden opgezet; een kostbaar en tijdrovend proces. Dankzij hun veelzijdigheid en aanpasbaarheid stellen basismodellen (zoals GPT, PaLM, Claude) bedrijven in staat tastbare resultaten te behalen met een lagere initiële investering dan die vereist is voor conventionele AI-ontwikkelingen. Dit maakt het makkelijker om praktijkgerichte gebruikssituaties te verkennen zonder dat vooraf veel hulpbronnen nodig zijn.

Grote taalmodellen (LLM's) zijn met name een hoeksteen-technologie geworden binnen het foundation modellen. Getraind op enorme hoeveelheden tekst zijn deze modellen in staat om mensachtige tekst te begrijpen, te verwerken en te genereren, coherente content te genereren en zich aan te passen aan een breed scala aan contexten. In combinatie met andere AI-technieken maken deze oplossingen snelle, conversatieachtige en nauwkeurige interactie met bedrijfsdocumentatie mogelijk (ongeacht de indeling waarin deze wordt opgeslagen) en transformeren ze de manier waarop organisaties interne kennis beheren, opvragen en delen. <sup>1</sup>

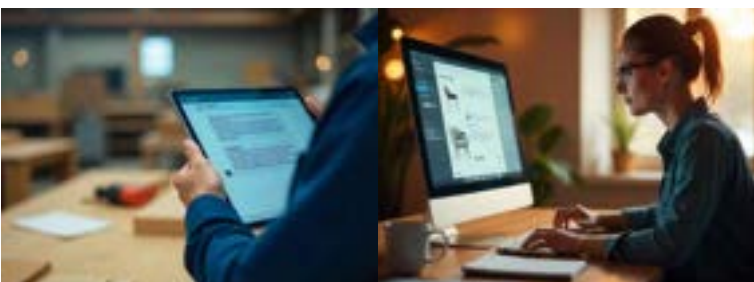
Het toepassen van deze technologie in de meubel- en woonsector biedt een strategische tool om documentbeheer, interne training en naleving van regelgeving te optimaliseren. LLM's maken het mogelijk om belangrijke informatie te halen uit handleidingen, normen, technische gegevensbladen en andere documentatie, waardoor organisatorische kennis toegankelijker wordt en in een context wordt geplaatst. Zo is er niet alleen minder tijd nodig om naar informatie te zoeken, maar

worden besluiten nauwkeuriger genomen en wordt operationele continuïteit tussen teams ondersteund. <sup>2</sup> Een van de krachtigste manieren om deze technologie toe te passen is via zogenaamde kennisassistenten: conversatiesystemen die verbinding maken met interne informatiebronnen (databases, technische documenten, intranetten of cloudplatforms) en specifieke antwoorden geven die zijn afgestemd op de context van de gebruiker. Deze assistenten stellen gebruikers in staat om procedures, productievoorschriften of producttechnische specificaties op te vragen zonder dat elke informatiebron handmatig hoeft te worden geraadpleegd. Het resultaat is een naadloze en natuurlijke ervaring die invoering op alle niveaus van de organisatie faciliteert, van werknemers op de werkvloer tot kwaliteits- of productontwikkelingsmanagers.

Deze oplossingen zijn gebouwd op schaalbare infrastructuren die gebruikmaken van API's en clouddiensten, waardoor ze eenvoudig te integreren zijn met bestaande systemen en aan de grootte en digitale volwassenheid van elk bedrijf kunnen worden aangepast. Ze zijn ook ontworpen met een menselijke benadering, waarbij gebruikers omgaan met de output van het systeem en deze valideren en verfijnen. Op deze wijze worden reacties niet alleen nauwkeuriger en betrouwbaarder, maar zorgt dit er ook voor dat de oplossing afgestemd blijft op de werkelijke behoeften van het team, waardoor een balans behouden blijft tussen automatisering en menselijk toezicht. <sup>3</sup>

Toepassingen in de meubelsector zijn breed en concreet: documentanalyse voor ontwerp- of productieprocessen, ondersteuning voor naleving van regelgeving bij productcertificeringen, interne ondersteuning bij workflows van kwaliteitsborging, of zelfs geautomatiseerde technische ondersteuning voor klanten en distributeurs. In een omgeving waar informatie overvloedig maar gefragmenteerd is, positioneert deze technologie zich als een belangrijke bondgenoot om bedrijfskennis toegankelijker, gestructureerder en nuttiger te maken.

Zoals we in de volgende delen zullen zien, gaat de impact van deze technologie verder dan automatisering: het ligt in haar vermogen om een meer verbonden, efficiënte en kennisgerichte organisatiecultuur te bevorderen.





### Toepassing

Generatieve AI toegepast op kennisbeheer in de meubelsector stelt bedrijven in staat om snel informatie te organiseren, op te vragen en te extraheren uit complexe bedrijfsdocumentatie (zoals interne procedures, handleidingen, kwaliteitsmanagementprotocollen of details over openbare aanbesteders) waardoor het werk van verschillende rollen over afdelingen wordt gestroomlijnd. <sup>4</sup>

### Intelligente toegang tot en organisatie van bedrijfskennis

Generatieve AI slaat een brug tussen afdelingen zoals ontwerp, engineering, productie en verkoop, en faciliteert toegang tot belangrijke documentatie: interne procedures, technische handleidingen, montage-instructies en meer. Dit verbetert kennisoverdracht tussen teams en versnelt de onboarding, wat vooral waardevol is voor meubelbedrijven met complexe processen of hoge personeelsverloop. Het stelt ook administratieve of leidinggevende functies in staat om informatie op te halen zonder afhankelijk te zijn van technisch personeel. <sup>5</sup>

### AI-assistent voor kwaliteitsmanagementsystemen

De assistent is geïntegreerd in kwaliteitsplatforms en kan zo helpen bij het opvragen van protocollen, het raadplegen van technische documentatie, het lokaliseren van soortgelijke incidenten of het ophalen van niet-conformiteitsregisters. Kwaliteitsmanagers en fabriekstechnici kunnen zo documentbeheer optimaliseren, fouten verminderen en processen voor inspectie, audits en continue verbetering stroomlijnen.

### Geautomatiseerde analyse van aanbestedingen en contracten

Op generatieve AI gebaseerde assistenten kunnen belangrijke informatie halen en samenvatten uit openbare aanbestedingen of ingewikkelde contracten: budgetten, deadlines, technische vereisten of regelgevende clausules. Deze functionaliteit is vooral nuttig voor inkoopmanagers, commerciële directeuren of technisch personeel die snel de haalbaarheid van een voorstel moeten beoordelen zonder dat ze handmatige grote hoeveelheden documenten hoeven te bekijken. <sup>6</sup>

### Analyse van documentatie over maatschappelijk verantwoord ondernemen (MVO)

AI-kennisbeheersystemen kunnen automatisch relevante informatie identificeren in regelgevende documenten over duurzaamheid- of milieu en maatschappij. Deze ondersteunen de afdelingen Kwaliteit, Duurzaamheid of Compliance bij het analyseren van belangrijke indicatoren met betrekking tot materialen, arbeidsomstandigheden, emissies, kringlooeconomie en meer. Dit vergemakkelijkt rapportage en helpt bij het voldoen aan de eisen van klanten of certificeringen.



### Implementatieaspecten

#### ■ Implementatiemoeilijkheid: Gemiddeld

Het moeilijkheidsniveau hangt af van hoe de technologie wordt gebruikt, variërend van eenvoudige zoekopdrachten met ChatGPT, die weinig technische expertise vereisen, tot geavanceerde ontwikkelingen met multi-agentsystemen, integratie met andere technologieën en fijn afgestelde prompts. Diepgaande integraties met systemen zoals ERP of CAD verhogen zowel de complexiteit als de kosten, en de toepassing vereist ook een cultuuromslag, waaronder teamtraining en validatie door mensen. Om veilig en effectief gebruik te waarborgen, moeten bedrijven maatregelen voor gegevensbeheer overwegen, zoals toegangscontrole, anonimisering en versleuteling, en modellen aanpassen aan de specifieke vocabulaire, workflows en compliancienormen van de meubelindustrie door middel van verfijning, aangepaste integraties of interne documentatie.

#### ■ Economische levensvatbaarheid: Gemiddeld tot hoog

Het gebruik van bestaande marktoplossingen, die eenvoudig via standaard integratiesystemen aan andere digitale tools gekoppeld kunnen worden, biedt een toegankelijk startpunt met lage aanvangskosten. De investering neemt toe wanneer een hogere mate van personalisatie of integratie met interne systemen vereist is. In ruil daarvoor verminderen deze tools aanzienlijk de tijd en hulpbronnen die aan handmatige taken worden besteed, verbeteren ze de besluitvorming en verhogen ze de operationele efficiëntie. Bovendien is het systeem schaalbaar en aanpasbaar aan de groei van de organisatie en specifieke bedrijfsbehoeften.

#### ■ Menselijke factoren

De toepassing van kennisassistenten en generatieve AI-tools verandert hoe teams interne informatie benaderen, beheren en raadplegen. Door repetitieve taken te automatiseren, zoals handmatig zoeken naar documenten, het interpreteren van regelgeving of het bekijken van procedures, maken deze oplossingen tijd vrij voor professionals om zich te richten op activiteiten van hogere waarde: continue verbetering, procesanalyse, complexe probleemoplossing en strategische besluitvorming. Deze herverdeling van tijd ondersteunt een efficiëntere en meer op samenwerking gerichte cultuur, waarin individuen optreden als supervisors, uitleggers en versterkers van organisatorische kennis. Ze schakelen over van "informatieverzamelaars" naar "kenniscuratoren" en spelen een sleutelrol in het verbeteren van de gegevenskwaliteit en de voorbereiding van beslissingen.

Daarnaast verbeteren deze tools de cognitieve toegankelijkheid door de toegang tot regelgeving, handleidingen en complexe procedures via natuurlijke taalinteractie te vereenvoudigen. Ze maken het mogelijk niet-technische profielen in belangrijke beheerprocessen op te nemen.

Dit is vooral waardevol voor de onboarding van nieuwe werknemers of wanneer profielen van de afdelingen HR, Juridische Zaken of Duurzaamheid bij technische zaken worden betrokken.

Hoewel deze tools intuïtief zijn ontworpen, zijn voor een effectieve toepassing gestructureerde onboarding-programma's en praktische workshops nodig die op diverse rollen zijn afgestemd.

Teams moeten uitgerust zijn met prompt-geletterdheid, domeinspecifieke technieken om vragen te formuleren en het vermogen om door AI gegenereerde content kritisch te beoordelen.

Het bevorderen van deze competenties verbetert niet alleen de kwaliteit van de interacties met het systeem, maar versterkt ook de autonomie van de gebruiker, digitale volwassenheid en functieoverschrijdende samenwerking.

Het succesvol integreren van generatieve AI in kennisworkflows vereist een cultuuromslag (gestimuleerd door leiding en HR) richting continu leren, vertrouwen in de cocreatie tussen mens en AI en afstemming met organisatiedoelen.

Toegewijde AI-voorvechters, peer-learningnetwerken en transparante communicatie over mogelijkheden en beperkingen ondersteunen de toepassing verder.

### ■ Omgevingsfactoren

Op AI gebaseerde kennisassistenten dragen bij aan duurzamer documentbeheer, omdat handleidingen, rapporten of technische gegevensbladen minder worden afgedrukt. Digitale query's elimineren het gebruik van papier, bindmaterialen en fysieke opslagmedia zoals mappen, externe schijven of USB-sticks. Door informatie in digitale omgevingen te centraliseren, neemt ook de afhankelijkheid van printers en fysieke opslag af, waardoor het energieverbruik en de ecologische voetafdruk in kantoor- en industriële omgevingen afneemt. Realtime contentupdates, versiebeheer en het vermijden van verouderde documenten verbeteren de traceerbaarheid en optimaliseren het gebruik van digitale bronnen.

Deze oplossingen verminderen ook duplicatie in werk en materialen door toegang tot bestaande interne normen, procedures of rapporten te vergemakkelijken. Dit bespaart tijd en hulpbronnen bij het maken van documenten. Het is echter belangrijk te beseffen dat het gebruik van AI-modellen ook het energieverbruik

verhoogt, zowel door trainingsprocessen als door het voortdurende gebruik van digitale infrastructuur.

De opleidingsfase van deze assistenten is een van de meest milieubelastende aspecten. Het trainen van een groot taalmodel (LLM) zoals GPT-4 vereist miljarden parameters en petabytes aan tekstgegevens, wat miljoenen GPU-uren vereist in high-performance computing (HPC)-omgevingen. Dit proces verbruikt enorme hoeveelheden elektriciteit en water en veroorzaakt aanzienlijke CO<sub>2</sub>-uitstoot, vooral wanneer het wordt aangedreven door energienetwerken die hoofdzakelijk op fossiele brandstoffen draaien.

De hardware die nodig is om deze modellen te trainen en te draaien, zoals GPU's, TPU's en ondersteunende servers) hebben ook een belangrijke milieu-impact, omdat deze componenten afhankelijk zijn van zeldzame aardmetalen en hoogzuivere silicium. Daarnaast leidt het tempo van innovatie in AI-hardware tot korte upgradecycli, wat de problemen met de winning en afvoer (e-waste) van grondstoffen verergert.

Enkeelmaals ingezet vereisen AI-assistenten aanzienlijke rekenkracht om vragen van gebruikers in real time te kunnen uitvoeren. Deze systemen worden doorgaans gehost op cloudplatforms en in datacentra, wat bijdraagt aan de groeiende elektriciteitsvraag en milieu-impact van de digitale sector. Bovendien vertrouwen AI-assistenten op opslag, opvraging en integratie van gegevens in enorme kennisbanken, wat de vraag naar digitale infrastructuur verder verhoogt.

Toch helpen de voordelen op het gebied van efficiëntie, digitalisering en minder afhankelijkheid van fysieke media om een deel van deze impact te compenseren, vooral wanneer best practices worden gevolgd en organisaties overstappen op energiezuinige technologische omgevingen.

### ■ Afstemming op certificeringen en regelgeving

Op generatieve AI gebaseerde oplossingen moeten voldoen aan de Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG) en kunnen de implementatie ondersteunen van normen zoals ISO 9001 (Kwaliteitsmanagementsystemen), ISO 14001 (Milieubeheer) en ISO 26000 (Maatschappelijke verantwoordelijkheid). Deze bevorderen efficiënter, veiliger en traceerbaar kennisbeheer, en zorgen voor toegangscontrole, transparantie en afstemming op bedrijfswaarden en de beheersystemen die binnen de sector worden aangenomen.



### Oplossingen



#### **Bidbrief – Systeem voor beheer van aanbestedingen**

Sciling

Spanje ↔

Bidbrief is een oplossing die is ontwikkeld door Sciling en gebruikmaakt van AI-agenten om aanbestedingsspecificaties en technische documentatie te analyseren. Deze tool kan productiebedrijven ondersteunen bij het versnellen van besluitvorming over deelname aan aanbestedingen of andere openbare aanbestedings- en financieringsprocessen.



#### **Document Intelligence**

SambaNova

Verenigde Staten ↔

SambaNova Document Intelligence maakt gebruik van generatieve en conventionele AI om gesprekstoegang te bieden tot technische en operationele documenten. Het helpt meubelbedrijven bij het analyseren, classificeren en navragen van regelgeving, handleidingen en facturen, waarbij documentworkflows worden geautomatiseerd en technisch personeel ter plaatse worden ondersteund om naleving te verbeteren en de zoektijd te verkorten.



#### **Intelligent Document Processing (IDP)**

Appian

Verenigde Staten ↔

Appians Intelligent Document Processing combineert AI-technologieën om het ophalen, classificeren en doorzoeken van technische documentatie zoals SOP's, handleidingen en gegevensbladen te automatiseren. De integratie met bedrijfssystemen verbetert de operationele efficiëntie, waardoor interne ondersteuning sneller mogelijk wordt en naleving van regelgeving in de meubelindustrie wordt gegarandeerd.



#### **Thron AI-kennisplatform**

Thron

Italië ↔

Het AI-platform van Thron verbetert kennisbeheer omdat het directe toegang biedt tot bedrijfsdocumenten, contracten en procedures. De AI-assistenten helpen meubelprofessionals snel relevante informatie te vinden, zorgen voor naleving en ondersteunen operationele efficiëntie via intelligente organisatie van gegevens.



#### **Eddy (Door AI aangestuurd kennisbeheer)**

Document360

Verenigd Koninkrijk ↔

Eddy van Document360 past generatieve AI en gesprekspartners toe om de toegang tot interne kennis te verbeteren. Het maakt snelle query's mogelijk van technische documenten, regelgeving en procedures, ondersteunt onboarding, probleemoplossing en naleving in meubel- en productiesectoren, waardoor kennisbeheer en operationele efficiëntie worden verbeterd.



#### **Navex AI Assistant**

Navex

Verenigde Staten ↔

Navex AI Assistant gebruikt AI om de toegang tot compliance-gerelateerde documenten en interne kennis te stroomlijnen. Het ondersteunt meubelbedrijven hun weg te vinden in regelgeving en kwaliteitsnormen, faciliteert snellere probleemoplossing, onboarding van werknemers en zorgt voor naleving van interne beleidsregels via conversatieve AI-interacties.



#### **Door AI-aangestuurd kennisplatform**

Sinequa

Frankrijk ↔

Sinequa biedt een door AI aangestuurd kennisplatform dat generatieve AI inzet om snelle en contextuele toegang tot bedrijfsinformatie te bieden. Het helpt bedrijven in de meubelsector snel technische documenten en interne gegevens op te vragen, waardoor besluitvorming wordt versneld en compliance en kennisuitwisseling tussen teams wordt verbeterd.



#### **AI-kennis zoeken en inzichten**

Mindbreeze

Oostenrijk ↔

Mindbreeze biedt door AI aangestuurde zoek- en kennisinzichten, waardoor bedrijven technische documenten, regelgeving en procedures kunnen raadplegen en analyseren. De gesprekspartners verbeteren het intern zoeken naar kennis en ondersteunen onboarding- en complianceprocessen in meubelproductie en aanverwante sectoren.




#### **AI-kennisbeheerplatform**

Zive


Verenigde Staten ↔

Zive integreert generatieve AI en conversatietools om snelle toegang tot interne kennis en documenten te faciliteren. Het ondersteunt meubelbedrijven door de efficiëntie van het ophalen van informatie te verbeteren, te helpen bij het oplossen van problemen, naleving van regels en soepelere onboarding.

 **Guru-kennisbeheer**

*Guru*  
Verenigde Staten ⇄

Guru maakt gebruik van AI en gesprekspartners om de uitwisseling en het ophalen van kennis binnen organisaties te verbeteren. Het stelt meubelbedrijven in staat om direct toegang te krijgen tot technische documenten, regelgeving en best practices, wat een snellere onboarding, probleemoplossing en naleving van kwaliteitsnormen mogelijk maakt.

 **Work AI Platform**


*Glean*  
Verenigde Staten ⇄

Gleans Work AI Platform gebruikt generatieve AI om conversationale toegang tot bedrijfskennis te bieden. Het helpt professionals uit de meubelsector snel documenten, regelgeving en procedures te vinden, wat een efficiënte onboarding, naleving en interne communicatie ondersteunt via naadloze informatieverzameling.

 **SquirroGPT AI-platform**

*Squirro*  
Zwitserland ⇄

SquirroGPT combineert generatieve AI en gegevensanalyse om kennisbeheer te verbeteren. Het biedt meubelbedrijven conversationale toegang tot interne documenten en inzichten, waardoor compliance, technische ondersteuning en besluitvorming worden gestroomlijnd door relevante informatie snel en contextueel naar voren te brengen.

 **Dynamische expertisegrafiek**

*Starmind*  
Zwitserland ⇄

Starmind stelt dynamische expertisegrafieken op door communicatie via e-mails, Jira en Teams te analyseren om interne vragen naar de juiste experts te sturen. Veelvuldig gebruikt in productie en R&D, versnelt het probleemoplossing en uitwisseling van kennis, terwijl het voldoet aan de AVG, wat de workflows van de meubelsector ten goede komt.

 **Einstein 1 Platform**

*Salesforce*  
Verenigde Staten ⇄

Salesforce Einstein 1 integreert AI in bedrijfsgegevens en workflows met behulp van laag-code tools. Het automatiseert taken en levert gepersonaliseerde inzichten, waardoor de efficiëntie van verkoop en kennisbeheer wordt verbeterd. Meubelbedrijven profiteren van gestroomlijnde processen en verbeterde klantbetrokkenheid via door AI aangestuurde gegevensconnectiviteit.

 **Zoho CRM met Zia AI**


*Zoho*  
India ⇄

Zoho CRM, aangedreven door Zia AI, voorspelt leaduitkomsten, stelt optimale contacttijden voor, genereert gepersonaliseerde berichten en levert prestatierapporten. Dit door AI verbeterde CRM helpt verkoopteams in de meubelsector de efficiëntie te verhogen, operationele kosten te verlagen en het klantrelatiebeheer te verbeteren door automatisering op basis van gegevens.

 **Opensource framework voor AI-ontwikkeling**


*LangChain*  
N/A (Opensource) ⇄

LangChain is een opensource framework dat bedrijven in staat stelt AI-toepassingen te bouwen, aan te passen en te integreren met meer controle over gegevens en workflows. Het ondersteunt de ontwikkeling van geavanceerde taalmodellen en AI-tools, waardoor organisaties leveranciersbinding verminderen en interne innovatie stimuleren.

 **Opensource NLP-Framework**

*Haystack*  
N/A (Opensource) ⇄

Haystack is een opensource NLP-framework dat is ontworpen voor de ontwikkeling van schaalbare systemen voor het zoeken naar documenten en vraag-antwoordsystemen. Het stelt bedrijven in staat om aanpasbare AI-oplossingen te creëren voor diepgaand inzicht in documenten, waardoor de afhankelijkheid van commerciële leveranciers wordt verminderd en een op maat gemaakte integratie met bestaande IT-infrastructuur mogelijk is.

 **Opensource Large Language Model (groot taalmodel)**

*LLaMA*  
N/A (opensource) ⇄

LLaMA, ontwikkeld door Meta AI, is een opensource groot taalmodel waarmee organisaties geavanceerde AI-taalverwerking op hun eigen infrastructuur kunnen uitvoeren. Het biedt flexibiliteit, verbeterde gegevensprivacy en mogelijkheden voor maatwerk om de afhankelijkheid van commerciële AI-aanbieders te verminderen.



### Opensource Large Language Model (groot taalmodel)

Mistral

N/A (opensource) ↔

Mistral is een opensource groot taalmodel dat zich richt op het leveren van krachtige capaciteiten voor taalbegrip. Het ondersteunt ondernemingen die op zoek zijn naar aanpasbare AI-tools met volledige controle over hun gegevens en AI-processen, waardoor risico's op leveranciersafhankelijkheid worden geminimaliseerd en innovatie wordt bevorderd.



### Retrieval-Augmented Generation (RAG) engine

RAGFlow

China ↔

RAGFlow is een opensource engine gespecialiseerd in Retrieval-Augmented Generation, die een diepgaand begrip van complexe documenten zoals pdf's, afbeeldingen en databases mogelijk maakt. De engine levert op citaties gebaseerde AI-antwoorden en integreert soepel in bedrijfsworkflows via intuïtieve API's, waardoor bedrijven met volledige controle over gegevens kennis kunnen beheren.



### Squint.ai Copilot

Squint.ai

Verenigde Staten ↔

Squint.ai Copilot gebruikt een combinatie van generatieve en traditionele AI om conversationele interactie met technische en operationele documenten te bieden. Gegevens kunnen snel worden opgevraagd, werkstromen in de meubelsector worden gevalideerd, documenten worden automatisch geanalyseerd en het biedt ter plaatse ondersteuning aan personeel, waardoor de naleving verbetert en de handmatige werklast wordt verminderd.



### Voorbeelden



### IKEA

Zweden

↔

IKEA AI Assistant (ChatGPT) en Kreative: IKEA combineert conversationele AI met immersieve ontwerp tools om de klantervaring te verbeteren. De AI Assistant (gebouwd op ChatGPT) helpt gebruikers en werknemers met vragen over producten, meubelaanbevelingen en decoratieadvies, en biedt snelle toegang tot technische en commerciële informatie. Tegelijkertijd stelt IKEA Kreativ klanten in staat hun eigen ruimtes te scannen, bestaande meubels te verwijderen en IKEA-producten virtueel op echte schaal en met verlichting te plaatsen. Met behulp van AI, 3D-scanning en AR creëert de tool bewerkbare kamermodellen die realistische en gepersonaliseerde ontwerpbeslissingen ondersteunen.



### Wayfair

Verenigde Staten

↔

Agent Co-Pilot: Een interne assistent aangedreven door generatieve AI die direct antwoord geeft aan verkoop- en klantenservicemedewerkers over producten, beleidsregels en alternatieven. Dit verhoogt de efficiëntie en kwaliteit van de ondersteuning.



### Freedom Furniture - Coveo door AI aangestuurde Merchandising Hub

Australië

↔

Freedom Furniture maakt gebruik van Coveo's door AI aangestuurde merchandisinghub om het vinden van producten te verbeteren en kennisbeheer te stroomlijnen. Deze oplossing combineert kunstmatige intelligentie met handmatige bediening, waardoor het bedrijf productinformatie efficiënt kan beheren en de klantervaring via intuïtief zoeken en gepersonaliseerde aanbevelingen kan verbeteren.



### Steelcase – "Onboarding AI"

Verenigde Staten

↔

Maakt gebruik van Salesforce Einstein om gegevens tussen Herman Miller, Knoll en DWR te bundelen; AI beveelt producten aan en brengt merkoverstijgende inzichten naar voren, waardoor de klantenservice en de beslissingen van merchandisers worden verbeterd.

**Qatalog***Verenigd Koninkrijk*

Een kennisbeheertool die gebruikmaakt van kunstmatige intelligentie om teams in staat te stellen in real time te zoeken en antwoorden te krijgen van alle bedrijfsbronnen (bijv. documenten, tools, apps) zonder gegevens te kopiëren of te verplaatsen. Het werkt als een gesprekspartner die informatie direct aan de bron koppelt, waardoor veiligheid, nauwkeurigheid en constante updates worden gewaarborgd.

**Netguru Memory***Polen*

Een door AI aangestuurde kennisbasis, intern ontwikkeld als een gecentraliseerde opslagplaats die kennis binnen een bedrijf opslaat, organiseert en uitwisselt. De tool maakt gebruik van kunstmatige intelligentie en machinaal leren om snel enorme databases te doorzoeken en door AI gegenereerde casestudy's samen te stellen voor interne en externe doeleinden.

**HomeDepot***Verenigde Staten*

Magic Apron is de generatieve AI-toolsuite van Home Depot die klanten helpt bij projecten voor woningverbetering. Beschikbaar via hun app en website, wordt de suite aangedreven door bedrijfseigen kennis die gegevenssets met de expertise van Home Depot combineert. Het beantwoordt vragen over producten, vat recensies samen en fungeert als een digitale winkelmedewerker.

## Marketing- en verkoopprocessen optimaliseren met generatieve AI: automatisering en personalisatie van content



### Beschrijving

Generatieve kunstmatige intelligentie, toegepast op contentautomatisering en personalisatie, combineert tekst-, beeld-, audio- en videomodellen die zijn getraind aan de hand van grote hoeveelheden gegevens om nieuwe content te genereren uit eenvoudige instructies of contextuele gegevens. Deze technologieën zijn voortgekomen uit basismodellen zoals GPT, Stable Diffusion en video-synthesetools zoals Synthesia, en vormen een van de actiefste ontwikkelingsgebieden in marketing en digitale communicatie. Ondanks hun potentieel roepen deze technologieën echter ook belangrijke zorgen op. Een van de grootste uitdagingen is de kwaliteit en betrouwbaarheid van de gegenereerde content, omdat generatieve modellen geneigd zijn onnauwkeurigheden of zogenaamde "hallucinaties" te introduceren, d.w.z. plausibele maar onjuiste uitkomsten die het vertrouwen kunnen ondermijnen. Daarnaast roept het gebruik van externe gegevenssets, waarmee deze modellen worden getraind, vragen op over auteursrecht en intellectueel eigendom, vooral wanneer de gegenereerde content beschermde werken repliceert of is geïnspireerd door beschermde werken zonder duidelijke bronvermelding of licentie. Bedrijven moeten zich ervan bewust zijn dat modellen die zijn getraind op auteursrechtelijk beschermde afbeeldingen/teksten afgeleide werken kunnen genereren en zichzelf kunnen blootstellen aan claims wegens inbreuk.

In de context van de meubelsector maakt deze technologie het mogelijk om automatisch socialmediaberichten, advertentieteksten, visuele catalogi, productvideo's en gepersonaliseerde tekst- of audioberichten te genereren die zijn afgestemd op verschillende klantprofielen, talen of voorkeuren. Tools zoals ChatGPT/DALL·E, Stable Diffusion, Runway of Synthesia kunnen worden gebruikt om creatieve, samenhangende en visueel impactvolle activa te produceren voor marketingcampagnes. Bovendien maakt deze automatisering grootscha-

1

2

3

4



Implementatiemoeilijkheid: **Gemiddeld**Economische levensvatbaarheid: **Gemiddeld tot hoog**

# Marketing- en verkoopprocessen optimaliseren met generatieve AI: automatisering en personalisatie van content

lige A/B-tests mogelijk, de aanpassing van creatieve ontwerpen aan specifieke markten en snelle reacties op verschuivingen in trends of esthetische voorkeuren. **1**

Een van de meest strategische toepassingen van generatieve AI in marketing en verkoop is het creëren van op maat gemaakte multimediacontent (tekst, afbeeldingen, video's of audio) gebaseerd op de analyse van visuele trends, stijlen en productlijnen. Deze systemen zijn ontworpen om stilistische patronen te detecteren in productdatabases, social media, handelsbeurzen of interne materialen, en deze te vertalen naar voorstellen die aansluiten bij de visuele identiteit van het merk en de voorkeuren van de doelgroep. Dit maakt het mogelijk om zeer relevante en aanpasbare content te genereren voor diverse commerciële contexten.

Daarnaast stimuleert generatieve AI nieuwe vormen van omgang met klanten via commerciële content in dynamische interfaces, zoals immersieve ervaringen, visuele aanbevelingen of interactieve catalogi. Deze oplossingen presenteren producten, beantwoorden veelgestelde vragen of begeleiden klanten visueel, flexibel en contextueel door het besluitvormingsproces, waardoor de ervaring in digitale kanalen wordt verrijkt. **2**

Vanuit strategisch perspectief stellen deze mogelijkheden meubelmerken in staat om zichtbaarder te worden, sterkere emotionele banden met klanten op te bouwen en de koopintentie te verbeteren door middel van overtuigende, creatieve en gepersonaliseerde content. Bovendien kunnen merken door stijl en berichtgeving in één tool te centraliseren zorgen voor consistente productie van materialen in meerdere formaten en kanalen, wat de waargenomen waarde van het merk versterkt. **3**

Een belangrijk voordeel van deze technologie is de integratie met standaard marketing- en verkooptools zoals contentmanagers, automatiseringsplatforms, visuele editors of CRM's. Hierdoor kan generatieve AI worden geïntegreerd in bestaande workflows binnen commerciële processen in de meubelindustrie, zonder dat er ingrijpende veranderingen in de huidige structuren nodig zijn. Zo blijft de creatieve controle behouden en wordt geprofiteerd van de kracht van automatisering.

Zoals de volgende delen zullen laten zien, worden deze oplossingen belangrijke tools om creativiteit in verkoopprocessen te versterken, de klantervaring te verbeteren en de concurrentiekracht van de meubelsector te versterken in een steeds dynamischer digitale omgeving.



## Toepassing

De integratie van generatieve kunstmatige intelligentie in marketing- en verkoopprocessen in de meubelsector maakt automatisering en opschaling van belangrijke taken op een zeer gepersonaliseerde en efficiënte manier mogelijk. Hieronder vindt u de belangrijkste toepassingen:

### Creatie, beheer en strategie van gepersonaliseerde content

Marketingteams kunnen automatisch visuele, tekstuele en audiovisuele materialen genereren die zijn afgestemd op verschillende klantprofielen, kanalen en commerciële contexten. Op basis van eenvoudige prompts, merkstijlgidsen of visuele analyses van stijllijnen, producttrends of campagnes van concurrenten is het mogelijk om content te creëren die aansluit bij de strategische doelen van elke campagne. Deze informatie kan ook worden gebruikt om positionering te herdefiniëren, lopende campagnes aan te passen of de concurrentie voor te zijn als het om marktkansen gaat. Deze tools zorgen voor visuele en narratieve consistentie zonder het personeel te belasten. De effectiviteit van content moet echter continu worden beoordeeld aan de hand van analyses, waarbij inzichten worden teruggevoerd in prompt-engineering of modelafstemming om de relevantie van de campagne te garanderen.

Ondanks procesautomatisering moet elke optimalisatie door een team worden gevalideerd op het gebied van taal, visuele consistentie en naleving van bedrijfswaarden. Het risico bestaat dat de extra werklast voor kwaliteitscontrole de verwachte tijdsbesparing gedeeltelijk tenietdoet. Hoewel AI content in overeenstemming met prompts en richtlijnen kan produceren, mist het vaak de creatieve, emotionele of culturele diepgang die een menselijk team kan bieden. De kans bestaat dat automatisch gegenereerde content als "vlak" of stereotiep kan overkomen, waardoor het merkonderscheidende karakter afneemt. **4**

### Automatisering van campagne- en marketingworkflows

Door te integreren met e-mailmarketingplatforms, CRM's of social media is het mogelijk om geautomatiseerde communicatieworkflows met dynamisch gegenereerde berichten te ontwerpen. Generatieve AI kan gepersonaliseerde e-mails schrijven, berichten maken die op elk platform zijn afgestemd en berichten segmenteren op basis van eerder geanalyseerd gedrag van het

## Marketing- en verkoopprocessen optimaliseren met generatieve AI: automatisering en personalisatie van content

publiek. Daarnaast kunnen virtuele assistenten directe en persoonlijke ondersteuning bieden, veelgestelde vragen beantwoorden en klanten begeleiden bij het besluitvormingsproces. Het gebruik van virtuele assistenten brengt ook regelgevende overwegingen met zich mee. Volgens de AVG moeten gebruikers worden geïnformeerd bij interactie met AI, en alle verwerkte persoonsgegevens moeten voldoen aan transparantie- en toestemmingsvereisten.

Veel oplossingen (bijvoorbeeld voor socialmediaberichten, productkaarten of catalogi) zijn gebaseerd op gestandaardiseerde indelingen, wat het risico loopt de visuele communicatie van merken te standaardiseren. Dit zou leiden tot verlies van originaliteit en verwarring doordat concurrenten dezelfde tools gebruiken. <sup>5</sup>

### Continue campagne- en contentoptimalisatie

Door geautomatiseerde analyse van prestatiestatistieken (klikpercentages, betrokkenheid, conversies, enz.) kunnen generatieve modellen realtime aanpassingen voorstellen om de effectiviteit van de campagne te verbeteren. Hierbij kan het gaan om suggesties voor het herontwerp van creatieve werken, aanpassingen aan reclameteksten of wijzigingen in distributiefrequentie en -kanalen. De mogelijkheid om grootschalige, geautomatiseerde A/B-tests uit te voeren verbetert de besluitvorming op basis van gegevens en ondersteunt continu leren binnen het team.

### Versnelling van de productie van marketingmiddelen

De automatische generatie van reclameteksten, productbladen, visuele creaties en audiovisuele middelen maakt het mogelijk om contentproductie op te schalen zonder dat dit ten koste gaat van de kwaliteit. Deze mogelijkheid is vooral waardevol in snel bewegende campagneomgevingen of in meertalige, multinationale markten, waar het aanpassen van content aan talen en regio's geautomatiseerd kan worden terwijl merkconsistentie behouden blijft. In plaats van creatieve professionals te vervangen, kan generatieve AI het beste worden begrepen als een tool die hun capaciteiten verbetert. Menselijke input blijft essentieel om de output te sturen, te controleren en te verfijnen, zodat relevantie, nauwkeurigheid en afstemming met merkwaarden worden gewaarborgd. Samenwerking tussen mensen en machines stelt contentmakers, ontwerpers en marketingstrategen in staat zich te richten op taken met een hogere toegevoegde waarde, door automatisering met strategische creativiteit te combineren. <sup>6</sup>



## Implementatieaspecten

### ■ Implementatiemoeilijkheid: Gemiddeld

De complexiteit van de implementatie varieert afhankelijk van de gekozen oplossing. Het integreren van kant-en-klare tools met vooraf ontwikkelde functionaliteiten is over het algemeen eenvoudig, terwijl maatwerk of complexe integraties meer technische inspanning vereisen. Daarnaast hangt succes af van het cultiveren van een op gegevens en resultaten gerichte cultuur, het effectief beheren van informatiebronnen en het integreren van AI met bestaande marketing- en verkoopsystemen. Het aanpassen van teams aan nieuwe processen en workflows vormt ook een belangrijke organisatorische uitdaging.

### ■ Economische levensvatbaarheid: Gemiddeld tot hoog

De kosten van de implementatie hangen af van het niveau van aanpassing en integratie dat nodig is. Betaalbare opties zijn beschikbaar via cloudgebaseerde diensten en SaaS-abonnementen, waardoor bedrijven kunnen beginnen met matige investeringen. Hoe groter de mate van segmentatie en automatisering, hoe hoger het potentiële rendement op investering. Grootschalige projecten of complexe integraties (bijvoorbeeld met CRM, CMS of interne systemen) zullen echter de initiële kosten verhogen, hoewel ze op de lange termijn ook kunnen leiden tot een verbeterde concurrentiekracht.

### ■ Menselijke factoren

De toepassing van generatieve kunstmatige intelligentie in marketing en verkoop kan de werkervaring van teams aanzienlijk verbeteren door hen te bevrijden van repetitieve taken zoals het schrijven van promotionele content of het handmatig produceren van creatieve werken. Deze automatisering stelt professionals in staat zich te richten op strategische beslissingen en vooral op creatief werk met een hogere toegevoegde waarde; dit bevordert een cultuur van cocreatie waarin mensen de door AI gegenereerde content beheren, bevestigen en controleren.

Deze verschuiving verhoogt de werktevredenheid en stelt communicatieprofessionals in staat zich te concentreren op storytelling, merkopbouw en marktinnovatie.

Om ervoor te zorgen dat deze transformatie effectief is, moet deze worden ondersteund door een uitgebreide bijscholingsstrategie die teams in staat stelt deze tools te gebruiken, de output te verfijnen, merkcoherentie

te behouden en proactief deel te nemen aan een zich veranderende digitale omgeving.

Dit omvat training in prompt-engineering, ethische contentgeneratie, merkveilige aanpassingen en gegevensgeletterdheid voor campagneoptimalisatie.

Tegelijkertijd is het belangrijk om te beseffen dat de overvloed aan automatisch gegenereerde content kan leiden tot keuzestress, de relevantie van de boodschap kan verminderen of merkdifferentiatie kan vervagen als het niet met zorg wordt toegepast.

Het versterken van redactioneel oordeel en het implementeren van kaders voor contentbeheer helpen de output te filteren en te zorgen voor afstemming met de campagnedoelstellingen.

Het stimuleren van kritische betrokkenheid bij door AI gegenereerde content bevordert doelgerichte selectie en beschermt de merkidentiteit tegen generieke of verkeerd afgestemde outputs.

Ook het afstemmen van het gebruik van deze technologieën op de waarden en doelstellingen van de organisatie zorgt voor een ethische, transparante verantwoordelijkheid die in overeenstemming met de maatschappelijke verantwoordelijkheid van de sector is. In de praktijk betekent dit dat de marketing-, juridische en HR-afdelingen bij de toepassing van AI betrokken moeten worden. Dit waarborgt transparantie in het gebruik van tools en verduidelijkt de rol van AI bij het maken van content voor zowel teams als doelgroepen.

### ■ Omgevingsfactoren

Het gebruik van generatieve kunstmatige intelligentie in marketing en verkoop kan aanzienlijk bijdragen aan de operationele duurzaamheid van meubelbedrijven. Met verbeterde doelgroepsegmentatie en de mogelijkheid om zonder fysieke fotoshoots gepersonaliseerd materiaal te genereren, wordt het mogelijk om de productie en distributie van gedrukte catalogi, brochures of reclamemateriaal, die vaak ongebruikt blijven, te verminderen. Deze efficiëntie vermindert niet alleen het verbruik van papier, verpakkingen en fysieke media, maar verlaagt ook de tijd en kosten die gepaard gaan met het organiseren van complexe producties.

Bovendien verlaagt het virtueel presenteren van producten en het genereren van visuele en audiovisuele content zonder reizen de ecologische voetafdruk die

gepaard gaat met zakenreizen of deelname aan promotie-evenementen; een bijzonder relevante factor in een sector waar commerciële cycli vaak intensieve mobiliteit vereisen. Gecentraliseerde digitale workflows, via platforms die gekoppeld zijn aan tools zoals CRM's of CMS'en, minimaliseren de behoefte aan fysieke infrastructuur en materialen verder en ondersteunen een flexibelere en duurzamere communicatiestrategie.

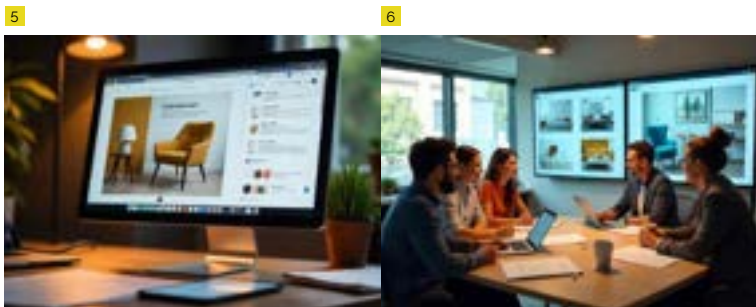
Hoewel deze voordelen duidelijk zijn, moet de implementatie van deze tools coherent zijn en groenwassen vermijden. In een context waarin door AI gegenereerde visuals duurzaam lijken vanwege hun digitale aard, is het belangrijk om rekening te houden met de milieukosten van de infrastructuur die het allemaal mogelijk maakt, vooral in cloudgebaseerde generatieve systemen.

Hoewel meubelbedrijven doorgaans vooraf getrainde, kant-en-klare AI-oplossingen gebruiken, zijn deze nog steeds afhankelijk van grote modellen die worden gehost in energie-intensieve datacentra over de hele wereld. De training en continue werking van dergelijke modellen vereist hoge rekenkracht, met frequente inferentie, personalisatieprocessen en aanbevelingsalgoritmen die op grote schaal worden uitgevoerd. Dit brengt een aanzienlijk energie- en waterverbruik met zich mee. Hardware speelt ook een rol: de GPU's, TPU's en aangepaste AI-chips die nodig zijn voor realtime contentgeneratie worden gebouwd met zeldzame materialen zoals kobalt of neodymium, waarvan de winning ecologische en maatschappelijke risico's met zich meebrengt. Daarnaast leiden voortdurende prestatie-eisen tot regelmatige hardware-upgrades, wat bijdraagt aan elektronisch afval.

Om echt aan duurzaamheid te winnen, zouden meubelbedrijven technologieleveranciers moeten bevoordelen met duidelijke energie-efficiëntiestrategieën, verantwoord inkoopbeleid en transparante rapportage over de milieu-impact—waarbij hun communicatie-inspanningen worden afgestemd op echte, meetbare actie.

### ■ Afstemming op certificeringen en regelgeving

Generatieve AI-oplossingen die in marketing en verkoop worden gebruikt, moeten voldoen aan de Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG), vooral wanneer persoonsgegevens voor segmentatie of personalisatie worden gebruikt. Ze moeten ook in overeenstemming zijn met de transparantie-eisen van de European AI Act (Europese Wet op Kunstmatige Intelligentie), die de identificatie van door AI gegenereerde content verplicht stelt wanneer deze consumentenbeslissingen of percepties beïnvloedt. Bovendien moet respect voor auteursrecht en consistentie met de ethische en communicatieve waarden van het bedrijf worden gegarandeerd.



## Marketing- en verkoopprocessen optimaliseren met generatieve AI: automatisering en personalisatie van content



### Oplossingen



#### Door AI gegenereerde hyperrealistische leefstijlscènes

Scenes

Denemarken ↔

Scenes maakt gebruik van AI om hyperrealistische lifestylescènes voor de meubelsector te creëren, waardoor traditionele fotoshoots overbodig worden. Hun oplossing helpt merken veelzijdige, aantrekkelijke productpresentaties te maken die marketingmateriaal en digitale presentaties efficiënt en kosteneffectief verbeteren.



#### Door AI aangestuurde advertentietests en campagne-evaluatie

Kantar

Verenigd Koninkrijk ↔

Het door AI aangestuurde advertentietestplatform van Kantar voorspelt de effectiviteit van video's en banneradvertenties vóór de lancering. Deze tool helpt fabrikanten en merken campagnes te optimaliseren met op gegevens gebaseerde inzichten, waardoor de tijd voor creatieve validatie wordt verminderd en de impact van advertenties wordt verbeterd voor betere marketingresultaten.



#### Door AI aangestuurd visueel generatieplatform

Presti.ai

Frankrijk ↔

Presti.ai biedt een door AI aangestuurd platform dat hyperrealistische lifestylebeelden genereert voor de presentatie van meubelproducten. Het stelt merken in staat om overtuigende visuele content te creëren zonder fysieke fotoshoots, en ondersteunt marketingcampagnes met veelzijdige, fotorealistische beelden die klanten via digitale kanalen aanspreken.



#### Door AI gegenereerde interieurscènes

Freepik

Spanje ↔

Freepik biedt door AI gegenereerde interieurscènes die ideaal zijn voor catalogi, sociale media en reclamecampagnes. Hun uitgebreide bibliotheek met fotorealistische visuals ondersteunt meubelbedrijven bij het snel creëren van aantrekkelijke marketingcontent, waardoor merken de klantbetrokkenheid kunnen vergroten en producten aantrekkelijk kunnen presenteren.



#### Geautomatiseerde visuele advertentie- en tekstgeneratie

AdCreative.ai

Frankrijk ↔

AdCreative.ai gebruikt AI om automatisch visuele advertenties, promotieteksten en socialmediaberichten te genereren die zijn afgestemd op verschillende formaten en doelgroepen. Het stroomlijnt marketingworkflows en helpt merken om snel effectieve, boeiende campagnes te creëren terwijl content wordt aangepast voor een maximale impact.



#### AI-platform voor het maken van content

Jasper

Verenigde Staten ↔

Jasper is een door AI aangestuurd platform dat het creëren van promotietekst, advertenties en socialmedia-content automatiseert. Het helpt bedrijven om op maat gemaakte teksten te genereren voor diverse doelgroepen en formaten, waardoor de efficiëntie en creativiteit van contentmarketing zonder handmatige inspanning worden verbeterd.



#### 3D-platform voor visualisatie en productaanpassing

Cylindo (Chaos)

Duitsland ↔

Cylindo biedt geavanceerde 3D-visualisatie, augmented reality en realtime productmaatwerk, speciaal voor meubelfabrikanten en -winkels. Hun platform automatiseert rendering en laat klanten producten personaliseren op kleur, afwerking en materialen, wat e-commerce-ervaringen verbetert en hogere conversiepercentages oplevert.



#### Geautomatiseerde contentgeneratie

Contents.com

Italië ↔

Contents.com maakt gebruik van AI om automatisch visuele advertenties en geschreven promotiemateriaal te produceren. Het platform past content aan voor verschillende mediaformaten en doelgroepen, waardoor merken hun marketinginspanningen kunnen opschalen en efficiënt consistente, hoogwaardige boodschappen kunnen behouden.



**Platform voor het afstemmen van merkboodschappen**

*Jacquard*  
Verenigd Koninkrijk ↔

Jacquard helpt bedrijven om consistentie in de boodschap te behouden door alle marketingcontent af te stemmen op merkidentiteit. Hun platform zorgt ervoor dat advertenties, berichten en promotiemateriaal de toon en waarden van het merk weerspiegelen, wat coherente en betrouwbare communicatie via alle kanalen ondersteunt.



**Platform voor empathisch en gepersonaliseerd copywriting**

*Anyword*  
Verenigde Staten ↔

Anyword is een AI-platform voor copywriting dat toon en stijl aanpast op basis van doelgroep, product en communicatiekanaal. Het genereert op maat gemaakte content, van productbeschrijvingen tot reclameboodschappen, en richt zich op diverse profielen zoals eindgebruikers, architecten en distributeurs voor een zo groot mogelijke betrokkenheid.



**Meertalige marketing en CRM-berichten**

*Typewise AI*  
Zwitserland ↔

Typewise AI helpt marketing- en CRM-teams om meertalige boodschappen te creëren die toon en content aanpassen aan verschillende doelgroepen. Deze oplossing is vooral waardevol voor internationale merken die naar consistente en coherente communicatie op zoek zijn in diverse markten, wat de klantbetrokkenheid en merkeenheden verbetert.



**Automatisering van klantcommunicatie na aankoop**

*Auralis AI*  
Verenigde Staten ↔

Auralis AI automatiseert communicatie na aankoop door gepersonaliseerde antwoorden te genereren, op maat gemaakte content voor te stellen met betrekking tot verzorging, matching en verlengingen, en operators in real time te ondersteunen. Het integreert met CRM- en e-commerceplatforms om de klantervaring te verbeteren, operationele kosten te verlagen en loyaliteit te bevorderen.



**Door AI gegenereerde e-mails voor verkoop en klantenservice**

*Flowrite*  
Finland ↔

Flowrite genereert verkoopmails, follow-ups en antwoorden op basis van korte prompts, ter ondersteuning van marketing- en klantenserviceteams. Het zorgt voor een consistente verdeling van berichten terwijl het tijd bespaart, communicatieworkflows stroomlijnt en de responsiviteit op klantcontactpunten verbetert.



**Door AI aangestuurde multimodale creatie en optimalisatie van campagnes**

*Typeface Arc Agents*  
Verenigde Staten ↔

Typeface Arc Agents fungeren als intelligente, altijd-actieve teamgenoten die multimodale marketingcampagnes bedenken, creëren en optimaliseren. Ze zorgen ervoor dat tekst en beeldmateriaal in lijn blijven met de merkrichtlijnen. Creativiteit en effectiviteit van campagnes worden zo op basis van AI- contentmanagement gestimuleerd.



## Marketing- en verkoopprocessen optimaliseren met generatieve AI: automatisering en personalisatie van content



### Voorbeelden



#### Hypotenuse AI

*Verenigde Staten*



Hypotenuse AI is een generatief AI-platform voor contentontwikkeling voor e-commerce. Het maakt het mogelijk om productbeschrijvingen met grote volumes te genereren, zodat elke tekst uniek is, zelfs voor zeer vergelijkbare artikelen. Dit pakt een veelvoorkomende behoefte in de meubelsector aan, waar producten vaak in meerdere varianten verkrijgbaar zijn. Living Spaces, een grote meubelwinkel in de Verenigde Staten, gebruikt dit platform om op grote schaal boeiende, nauwkeurige, voor zoekmachine geoptimaliseerde en merkconsistente productcontent te creëren, waarmee het uitgebreide catalogi doeltreffend beheerd.



#### Norr11

*Denemarken*



Het Deense merk Norr11 gebruikte Scenes-technologie om zonder fotoshoots hyperrealistische beelden te genereren van zijn FAVE Lounge Chair. Het project "My FAVE Spot" maakte visuals mogelijk die aansluiten bij de merkidentiteit, waardoor contentproductie voor catalogi, social media en e-commerce in de meubelindustrie werd gestroomlijnd.

#### Renovai

*Israël*

Renovai biedt een reeks door AI aangestuurde e-commerceoplossingen voor de meubelsector, waaronder zoekopdrachten op basis van visuele overeenkomst, productcombinatiegeneratoren, gepersonaliseerde winkelassistenten en aanbevelingsmachines die de klantervaring verbeteren en de conversieratio's verhogen.



#### Archiproducts

*Italië*



Archiproducts maakt gebruik van generatieve AI om het zoeken naar producten te verbeteren door gebruikers in staat te stellen meubels met behulp van specifieke tekst te zoeken. Deze tool maakt het selectieproces eenvoudig, waardoor professionals en consumenten efficiënter ontwerp oplossingen kunnen vinden, wat de algehele gebruikerservaring en betrokkenheid verbetert.



#### Alias Design

*Italië*



Alias Design gebruikt het THRON-platform om hun digitale contentmanagementprocessen te optimaliseren. Het automatiseert het creëren van marketingcontent, productcatalogi en technische gegevensbladen.



#### Arper

*Italië*



Arper heeft het THRON-platform geïntegreerd als een belangrijk instrument in haar B2B-communicatiestrategie, waarmee de ervaring van klanten en partners via haar website wordt verbeterd.



#### Lago

*Italië*



Lago heeft verschillende functies van het THRON-platform geïmplementeerd om het beheer en de distributie van content te centraliseren, met een vermindering van 75% in de totale digitale activa door duplicaten te elimineren en de traceerbaarheid te verbeteren.



#### Serax

*België*



Serax, een Belgisch ontwerp- en meubelbedrijf, heeft SAP Business AI toegepast om de verwerking van orders in pdf-indeling te automatiseren. Dit verminderde de handmatige gegevensinvoer met 33%, een aanzienlijke verbetering van de operationele efficiëntie. Daardoor kon het team zich richten op activiteiten met toegevoegde waarde zoals upselling en gepersonaliseerde klantenservice.



#### Anyword

*Verenigde Staten*



Anyword is een op AI gebaseerd copywritingplatform waarmee de toon en stijl van content aan de doelgroep kunnen worden aangepast. Het wordt gebruikt door bedrijven zoals National Geographic en Red Bull om teksten te genereren, variërend van productbeschrijvingen tot reclameboodschappen, waarbij rekening wordt gehouden met de voorkeuren en emoties van de doelgroep.



**Amazon Personalize**

*Verenigde Staten*



Amazon Personalize maakt gebruik van generatieve kunstmatige intelligentie om gepersonaliseerde aanbevelingen, dynamische content en op maat gemaakte interacties te leveren, wat de klantervaring in e-commerce verbetert.



**Softology**

*Verenigd Koninkrijk*



Softology introduceerde visuele zoektools waarmee klanten afbeeldingen (foto's, screenshots, knipsels uit tijdschriften) kunnen uploaden om vergelijkbare producten in de catalogus te vinden. Deze functionaliteit verbetert de ervaring bij het ontdekken van producten en verhoogt de klantbetrokkenheid.

Slimme besluitvorming in de meubelsector door gegevenscorrelatie en op AI gebaseerde analyses

# 15

1



2



Implementatiemoeilijkheid: **Gemiddeld**

Economische levensvatbaarheid: **Hoog**

## Slimme besluitvorming in de meubelsector door gegevenscorrelatie en op AI gebaseerde analyses



### Beschrijving

In het tijdperk van Industry 5.0 is de integratie van geavanceerde analyses en kunstmatige intelligentie (AI) in productieprocessen van doorslaggevend belang geworden. Door AI aangestuurde Decision Support Systems (DSS) en correlatie-analyse van gegevens stellen fabrikanten in staat enorme hoeveelheden gegevens om te zetten in bruikbare inzichten, wat geïntegreerde besluitvorming en operationele efficiëntie vergemakkelijkt. Deze systemen combineren doorgaans beschrijvend inzicht met voorspellende prognoses en, in sommige gevallen, prescriptieve mogelijkheden om realtime besluitvorming te ondersteunen.

Deze technologieën maken gebruik van algoritmen voor machinaal leren om gegevens uit verschillende bronnen te analyseren: productielijnen, toeleveringsketens, feedback van klanten en markttrends. Door patronen en correlaties te identificeren, kan DSS uitkomsten voorspellen, processen optimaliseren en strategische acties aanbevelen. Zo kan het correleren van productiegegevens met klantfeedback gebieden voor productverbetering aan het licht brengen, terwijl het analyseren van toeleveringsketengegevens potentiële verstoringen kan identificeren voordat ze de bedrijfsvoering beïnvloeden. Het implementeren van dergelijke systemen vereist een robuuste gegevensinfrastructuur, waaronder gegevensverzamelingsmechanismen (sensoren, IoT-apparaten), oplossingen voor gegevensopslag en analysetools. De integratie van deze componenten maakt realtime bewaking en analyse mogelijk, zodat beslissingen worden genomen op basis van de meest actuele informatie die beschikbaar is.

Bovendien zorgt de aanpassingskracht van AI-gestuurde DSS ervoor dat ze in de loop der tijd kunnen leren en evolueren. Naarmate er meer gegevens worden verzameld, worden de voorspelnaauwkeurigheid en besluitvormingsmogelijkheden van het systeem beter, wat leidt tot voortdurende verbetering van productieprocessen.

- 1 Voorbeeld van een dashboard dat de toeleveringsketen voorspelt
- 2 Dashboard gebruikt in meubelfabriek
- 3 Productieoptimalisatie gebaseerd op analyse, besluitvorming en IA-flow ↔
- 4 Voorbeeld van productiebeheerdashboard ↔



### Toepassing

De meubelindustrie, gekenmerkt door haar diverse productreeksen en behoeften aan maatwerk, zal aanzienlijk profiteren van door AI aangestuurde DSS en analyse van gegevenscorrelatie. Deze technologieën kunnen op verschillende vlakken worden toegepast:

**Productontwerp en -ontwikkeling:** Door klantvoorkeuren en markttrends te analyseren, kunnen fabrikanten producten ontwerpen die aansluiten bij de consumentenbehoeften. Gegevenscorrelatie helpt bij het begrijpen welke functies het meest gewaardeerd worden, en stuurt ontwerpbeslissingen bij de keuze.

**Productieoptimalisatie:** Door productiegegevens te bewaken kunnen knelpunten en inefficiënties worden geïdentificeerd. DSS kan in real time aanpassingen aanbevelen, wat de productiviteit verhoogt en afval beperkt.

**Beheer van de toeleveringsketen:** Het correleren van gegevens van leveranciers, voorraadniveaus en leveringschema's maakt proactief beheer van de toeleveringsketen mogelijk, waardoor vertragingen worden geminimaliseerd en tijdige afhandeling van orders wordt gegarandeerd.

**Kwaliteitscontrole:** Het analyseren van productiegegevens naast kwaliteitsinspectieresultaten kan patronen identificeren die tot defecten leiden, waardoor vroege interventie en voortdurende verbetering van de productkwaliteit mogelijk is.

**Klantenservice:** Het integreren van klantfeedback met productie- en verkoopgegevens helpt bij het begrijpen van klanttevredenheidsniveaus, stuurt serviceverbeteringen aan en bevordert klantloyaliteit.

Om hun succesvolle implementatie te waarborgen, is het cruciaal om Decision Support Systems met bestaande bedrijfsplatforms te integreren, zoals ERP- of CRM-systemen. Deze integratie zorgt voor een naadloze gegevensstroom, contextbewuste aanbevelingen en operationele afstemming, waardoor de realtime toepasbaarheid van inzichten wordt verbeterd en de besluitvorming tussen afdelingen wordt versterkt.

Het implementeren van deze toepassingen vereist een samenwerkingsgerichte aanpak, waarbij functieoverschrijdende teams betrokken zijn om ervoor te zorgen dat gegevens nauwkeurig worden verzameld, geanalyseerd en verwerkt. Het trainen van personeel om inzichten uit DSS te interpreteren en te gebruiken is ook

## Slimme besluitvorming in de meubelsector door gegevenscorrelatie en op AI gebaseerde analyses

cruciaal om de voordelen van deze technologieën te maximaliseren.

- 5 Machine Metrics-dashboard ↻
- 6 Reeks belangrijke productiedisciplines voor uitgebreide, realtime gegevensanalyse.
- 7 Meubelmagazijn.



### Implementatieaspecten

#### ■ Implementatiemoeilijkheid: Gemiddeld

Het implementeren van door AI aangestuurde DSS en analyse van gegevensanalyse vereist investeringen in technologische infrastructuur en personeelstraining. Met schaalbare oplossingen en goede planning kunnen middelgrote meubelfabrikanten deze technologieën echter succesvol toepassen om hun bedrijfsvoering te verbeteren.

#### ■ Economische levensvatbaarheid: Hoog

De toepassing van deze technologieën leidt tot een hogere efficiëntie, minder afval en betere afstemming op klantwensen, wat in de loop der tijd aanzienlijke kostenbesparingen en een hogere winstgevendheid oplevert.

#### ■ Menselijke factoren

Het integreren van door AI aangestuurde Decision Support Systems (DSS) en gegevensanalyse in de meubelindustrie veroorzaakt een fundamentele verschuiving in de dynamiek van de arbeidskracht. Werknemers moeten zich aanpassen aan nieuwe technologieën, wat uitgebreide bijscholingsinspanningen vereist om gegevensgeletterdheid, analytische vaardigheden en vertrouwen in digitale tools te bevorderen. Als gevolg hiervan kunnen werknemers meer voldoening uit hun werk halen en overstappen van repetitief handmatig

werk naar meer strategische, waardevolle activiteiten zoals gegevensinterpretatie en procesoptimalisatie. Bovendien zorgt de betrokkenheid van werknemers bij het implementatieproces voor een gevoel van eigenaarschap. Het bevordert het draagvlak en vermindert de weerstand. Transparante communicatie over de voordelen en veranderingen die met deze technologieën gepaard gaan, is essentieel om vertrouwen te creëren, verwachtingen op elkaar af te stemmen en onzekerheid weg te nemen.

Deze overgang verandert onvermijdelijk functieprofielen. Hoewel sommige functies kunnen evolueren of verouderd raken, zullen er nieuwe functies vrijkomen op gebieden zoals datawetenschap, toezicht op AI-systemen of predictief onderhoud. Bedrijven moeten deze omslag proactief beheren via gerichte herscholings- en bijscholingsstrategieën, waardoor aanpassingsvermogen wordt bevordert en de betrokkenheid en het moreel van werknemers gedurende het hele overgangsproces behouden blijven.

#### ■ Omgevingsfactoren

Het implementeren van door AI aangestuurde DSS en gegevensanalyse draagt bij aan ecologische duurzaamheid in de meubelindustrie. Door productieprocessen te optimaliseren, kunnen bedrijven materiaalverspilling en energieverbruik verminderen. Voorspellende analyses maken een betere voorspelling van de vraag mogelijk, waardoor overproductie en het bijbehorende gebruik van hulpbronnen worden geminimaliseerd. Deze technieken minimaliseren ook productiefouten, waardoor minder werk opnieuw hoeft te worden gedaan. Ze dragen aanzienlijk bij aan een duurzamer productieproces waarin efficiënter van hulpbronnen gebruik wordt gemaakt.

Bovendien ondersteunen deze technologieën de ontwikkeling van duurzame producten door klantvoorkeuren voor milieuvriendelijke materialen en ontwerpen te analyseren. De milieu-impact in de hele toeleveringsketen kan eenvoudiger worden bijgehouden, waardoor

3



4



bedrijven verbeterpunten kunnen identificeren en groenere praktijken kunnen implementeren.

Het integreren van duurzaamheidsmaatstaven in besluitvormingsprocessen zorgt ervoor dat milieubewuste overwegingen integraal zijn in bedrijfsstrategieën. Deze aanpak sluit niet alleen aan bij de wereldwijde duurzaamheidsdoelstellingen, maar voldoet ook aan de groeiende vraag van consumenten naar milieuvriendelijke producten.

Echter, door AI aangestuurde DSS integreren grote hoeveelheden gestructureerde en ongestructureerde gegevens uit meerdere bronnen. Deze inputs worden geanalyseerd met algoritmen voor machinaal leren, wat aanzienlijke rekenkracht vereist en bijdraagt aan een verhoogd energie- en waterverbruik en broeikasgasemissies (BKG).

Parallel daarmee houdt analyse van gegevenscorrelatie in dat enorme gegevenssets met elkaar worden vergeleken om relaties en trends te identificeren. Naarmate de gegevensvolumes toenemen, geldt dat ook voor de vraag naar verwerking, opslag en realtime analyse, vooral wanneer modellen vaak worden bijgewerkt of opnieuw getraind. Dit legt een groeiende last op data-centra. Voor de gebruikte hardware, waaronder GPU's, CPU's en gespecialiseerde AI-versnellers, zijn zeldzame aardmetalen, conflictmineralen en aanzienlijke hoeveelheden energie nodig voor productie, wat een relevante milieu-impact impliceert. Korte productlevenscycli en regelmatige hardware-upgrades dragen bij aan elektronisch afval (e-waste).

#### ■ Afstemming op certificeringen en regelgeving

De inzet van door AI aangestuurde DSS en gegevensanalyse sluit aan bij diverse branchecertificeringen en regelgeving. Zo leggen ISO 9001 (Kwaliteitsmanagementsystemen) en ISO 14001 (Milieubeheersystemen) de nadruk op voortdurende verbetering en milieubewustheid, die beide door deze technologieën worden ondersteund. Daarnaast is naleving van de Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG) van de EU essentieel bij het omgaan met klantgegevens, waardoor privacy en gegevensbeveiliging in analyseprocessen worden gewaarborgd.

5



6



7



## Slimme besluitvorming in de meubelsector door gegevenscorrelatie en op AI gebaseerde analyses



### Oplossingen



#### **DataFurn**

*EOSC-DIH*



*EU* ↔

Platform-as-a-Service biedt analyses voor de meubel-industrie, waarmee fabrikanten online content kunnen analyseren, de invloed van merken kunnen volgen en meubeltrends kunnen voorspellen.



#### **Dashboards voor bedrijfsinformatie en verkoopoptimalisatie voor meubelbedrijven**

*CPoint5*



*Verenigde Staten* ↔

Biedt dynamische dashboards voor meubelbedrijven om prestaties te analyseren, best verkochte producten te identificeren en voorraad- en verkoopstrategieën te optimaliseren.



#### **Uniform platform met gegevens en bedrijfsinformatie voor productie**



*Microsoft Fabric Power BI*

*Verenigde Staten* ↔

Microsoft Fabric integreert data engineering, realtime analyses en bedrijfsinformatie in een geïntegreerd platform. In combinatie met Power BI stelt het fabrikanten in staat KPI's te visualiseren, modellen voor machinaal leren toe te passen en op gegevens gebaseerde beslissingen te nemen op het gebied van bedrijfsvoering, voorraad en beheer van de toeleveringsketen.



#### **IoT-ondersteunde ERP voor meubelproductie**



*Epicor*

*Verenigde Staten* ↔

Epicors Kinetic ERP integreert IoT-sensoren om realtime inzichten te bieden, waardoor slimmere beslissingen, predictief onderhoud en operationele efficiëntie in meubelproductie mogelijk zijn.



#### **ERP met toeleveringsketen & predictieve analyse voor meubelproductie**



*Focus Softnet*

*India* ↔

De ERP-oplossing van Focus Softnet optimaliseert productie- en distributieprocessen in meubelproductie en biedt robuust beheer van de toeleveringsketen en voorspellende analysemogelijkheden.



#### **Door AI/ML aangestuurd geavanceerd analyseplatform voor meubelproductie**

*SAS*

*Verenigde Staten* ↔

SAS Viya maakt gebruik van AI/ML (bijv. ARIMA, gradient boosting, computer vision) voor meubelproductie. Het integreert diverse gegevens (sensor, verkoop, beeld) voor nauwkeurige vraagvoorspellingen, voorspellende kwaliteit dankzij het detecteren van afwijkingen, door IoT aangestuurde bewaking van activaprestaties (RUL-schatting) en geoptimaliseerde toeleveringsketens met behulp van simulatie en geavanceerde algoritmen.



#### **Door AI aangestuurde productieplanning**



*Ima Schelling*

*Duitsland* ↔

AI-oplossingen voor het optimaliseren van industriële meubelproductie, ontworpen voor grootschalige fabrikanten. Deze systemen analyseren gegevens van productielijnen en koppelen deze aan orderplanning, waardoor slimmere beslissingen mogelijk worden. Voordelen zijn onder andere geoptimaliseerde nesting, minder materiaalverspilling en betere levertijden, wat zorgt voor meer efficiëntie en productiviteit in het hele productieproces.



## Voorbeelden



### **RISE (Onderzoeksinstituut van Zweden)**

Zweden ↔

Heeft een op AI gebaseerd beeldanalysetool ontwikkeld om beslissingen over meubelrenovatie te ondersteunen, waardoor kringloopmogelijkheden werden verbeterd dankzij een snelle identificatie van meubelmodellen en de benodigde reserveonderdelen.



### **Vaimo**

Global



Maakt gebruik van geavanceerde gegevensanalyse om de meubelwinkelactiviteiten te optimaliseren, waaronder showroomindelingen, gepersonaliseerde klantervaringen en duurzaamheidsanalyses.



### **Dribia**

Spanje



Dribia's GOIA is een op maat gemaakte, door AI aangestuurde vraagvoorspellingstool die machinaal leren combineert met menselijke expertise. Het stelt bedrijven in staat om schommelingen in de vraag te anticiperen, de voorraad te optimaliseren en afval te verminderen, wat duurzame en efficiënte productieprocessen ondersteunt.



### **Imperia SCM**

Spanje



Imperia biedt een modulair, door AI aangestuurd platform voor planning van de toeleveringsketen. Het verbetert vraagvoorspellingen, voorraadoptimalisatie en S&OP-processen, waardoor realtime zichtbaarheid en aanpassingsvermogen aan marktveranderingen mogelijk is, wat op zijn beurt de operationele efficiëntie en klanttevredenheid verbetert.



### **Leverage AI**

Verenigde Staten



Biedt intelligente automatisering voor beheer van de toeleveringsketen in meubelproductie. Het platform biedt realtime zichtbaarheid, maakt scorecards om leveranciers te evalueren en automatiseert communicatie, waardoor de tijd die kopers besteden aan order en leveranciersmanagement met 50% vermindert.



### **Forma ideale**

Servië



Forma ideale heeft verschillende AI-technologieën toegepast: generatief ontwerp met behulp van GAN's om nieuwe meubelconcepten te creëren op basis van bestaande gegevens en klantvoorkeuren; AI- en IoT-integratie om de prestaties van apparatuur te bewaken en de productie te optimaliseren; en slim magazijnbeheer met autonome voertuigen om de logistieke efficiëntie een impuls te geven.



## Stand van de techniek t.a.v. Industry 5.0 en aanbevelingen van belanghebbenden

### Rapport over Industry 5.0 in de productie binnen de EU



Dit rapport (D2.1) laat zien wat Industry 5.0 is, waar het vandaan komt, waar het zich bevindt, waar het naartoe gaat. Het pad naar het nieuwe paradigma van Industry 5.0 is lang en duidelijk geweest.

Op basis van dit paradigma lanceren Europese staten nu programma's en maatregelen om de 5.0-transitie te ondersteunen met verschillende snelheden, zodat bedrijven en economische systemen kunnen evolueren en dat pad kunnen bewandelen dat tot grote ontwikkeling kan leiden, niet alleen economisch maar ook vanuit menselijk en maatschappelijk oogpunt.

Transition 5.0 is de overgang naar een geavanceerd, technologiegericht industrieel model, waarbij de toepassing van digitale technologieën zoals IoT, AI en robotica de efficiëntie, duurzaamheid en aanpassing van productieprocessen verbetert.

Deze verandering vereist ook een herziening van bedrijfspraktijken en een grotere focus op menselijke behoeften. In wezen is het de stap richting een sterk gedigitaliseerde en toekomstgerichte industrie.

Industry 5.0 is een nieuwe manier om naar de economie en industrie te kijken, een model waarin technologie en menselijkheid harmonieus samensmelten en een balans creëren tussen efficiëntie en menselijke waarden. Het is een visie van de industrie die niet alleen gericht is op productiviteit, maar ook op het welzijn van individuen en respect voor het milieu. In tegenstelling tot Industry 4.0, dat werd gepresenteerd als een echte industriële en technologische revolutie, is Industry 5.0 bovenal een nieuw cultureel paradigma.

Daarom is het essentieel om bedrijven, de werkelijke spelers in dit nieuwe paradigma, te helpen begrijpen welk pad het beste bij hun bedrijfsmodel past, uitgaande van de huidige beginsituatie. Modellen en tools zullen nodig zijn om te begrijpen waar we beginnen en waar

we naartoe willen, om hulpbronnen te besparen en om ervoor te zorgen dat we de concurrentiekracht van Europese bedrijven steeds verder vergroten.

We leven in een context waarin productiesystemen, vaardigheden en processen voortdurend evolueren; technologie vormt een dubbele uitdaging: enerzijds verhoogt het de concurrentiedruk, anderzijds biedt het oplossingen voor de grote uitdagingen van onze tijd, zoals groene, maatschappelijke en demografische overgangen.

De sleutel tot het omgaan met deze veranderingen ligt in de ontwikkeling van het paradigma van Society 5.0, dat in Japan theoretisch is uitgewerkt en een paradigma van economische en maatschappelijke ontwikkeling vertegenwoordigt waarin de mens centraal staat in de synergetische relatie met technologie. Een stap verder dan het paradigma van automatisering dat typerend is voor de 4.0-wereld: het doel van het implementeren van technologie in de 5.0-samenleving is het vergroten van het welzijn en de levenskwaliteit van individuen, waarbij technologie ten dienste, niet als vervanging van mensen wordt gesteld.

Het 5.0-paradigma is essentieel voor de toekomst van Europa en voor het succes van de overgangen en transformatietrajecten die door de Europese Unie voor de lange termijn zijn uitgestippeld.

In die zin zijn er twee belangrijke strategische troeven voor een succesvolle overgang: innovatie en vaardigheden. Als deze ontbreken is elke technologische implementatieactie gedoemd om niet het maximale rendement op te leveren, of te mislukken.

## Rapport over het volwassenheidsniveau van Industry 5.0 in de EU-meubelindustrie



Dit rapport (D2.2) beoordeelt in hoeverre de EU-meubelindustrie klaar is voor de overgang naar Industry 5.0. De meubelsector toont aan dat zij **basiskennis heeft van bepaalde soorten technologieën** die nu al invloed hebben op productieprocessen en dat producten door aard en type al zijn geïmplementeerd en daarom bekender zijn dan andere.

Er zijn echter veel technologieën die vandaag grondig onderzocht moeten worden vanwege de impact die ze kunnen hebben op de levensduur van bedrijven, maar waar nu nog geen rekening mee wordt gehouden.

Dit wordt bepaald door het gebrek aan kennis van deze technologieën en het gebrek aan grondige analyse van hun potentieel en mogelijke toepassingen.

Het onderzoek schetste een beeld van een **sector die slecht geïnformeerd is over sommige soorten technologieën** en competentier is in andere. Over het algemeen blijkt echter dat er een sterk gebrek aan kennis is over deze ondersteunende technologieën, zowel bij grote als kleine bedrijven.

Dit benadrukt de noodzaak **voor de sector om een stap vooruit te zetten in training** over technologieën die slimme industrie mogelijk maken, om nieuwe gebruiken en toepassingen te identificeren binnen een vakgebied dat nog maar langzaam richting de technologische transformatie beweegt die de afgelopen jaren in gang is gezet.

Het onderzoek was zeker een goede gelegenheid om te begrijpen wat de belangrijkste hiaten in de kennis van deze technologieën zijn en om oplossingen en voorstellen te bedenken die bedrijven kunnen helpen in te zien wat het potentieel en de tools zijn van de hedendaagse technologie, om zo een nieuwe innovatieve impuls te geven aan de meubelsector.

## Vaardigheidsbehoeften en aanbevelingen voor belanghebbenden in de meubelsector



In dit rapport (D5.1) hebben we twee fundamentele vragen behandeld: welke groene en digitale vaardigheden komen momenteel op in de Europese hout- en meubelsector (met name die vaardigheden die aansluiten bij Industry 5.0) en waar hebben ze te maken met een verkeerde afstemming tussen vraag en aanbod? En hoe kunnen bedrijven in de sector effectief de principes van Industry 5.0 overnemen door relevante vaardigheden te ontwikkelen, nieuwe technologieën te benutten en Europese tools voor competentievalidatie te integreren? Onze analyse heeft een ingrijpende transformatie aan het licht gebracht. Technische vaardigheden op het gebied van eco-ontwerp, beoordeling van de levenscyclus, robotica, digitale tweelingen en gegevensanalyse moeten nu worden aangevuld met transversale competenties zoals aanpassingsvermogen, systeemdenken, digitale samenwerking en duurzaamheidsbewustzijn. Het aanbod blijft echter achterlopen, digitalisering blijft ongelijk onder het mkb, groene competenties zijn onvoldoende verspreid en trainingssystemen hebben de hybride profielen die voor Industry 5.0 nodig zijn nog niet volledig geïntegreerd.

Deze verkeerde afstemming heeft duidelijke gevolgen voor verschillende belanghebbenden: opleidingsaanbieders moeten modulaire, flexibele leerpaden aanbieden (microcredentials die zijn afgestemd op ESCO en EQF) die zijn toegesneden op opkomende rollen. Beleidsmakers en overheidsinstanties zouden vaardighedenecosystemen moeten versterken door governancestructuren met meerdere belanghebbenden, clustergebaseerde strategieën en sectorale observatoria die de ontwikkeling van vaardigheden kunnen volgen en op toekomstige hiaten kunnen anticiperen. Ondernemingen zelf moeten overstappen van reactieve, ad-hoc oplossingen naar het direct integreren van competentieontwikkeling in strategische en technologische planning.

Voortdurende bewaking en toekomstgerichte informatie zijn essentieel. Vaardigheidsobservatoria, ondersteund door tools als Foresight Platforms en Skills Radars, zullen Europa in staat stellen te anticiperen op opkomende vaardigheidsbehoeften voordat deze systemische beperkingen worden, waardoor zowel de aanpassingskracht van het personeel als de industriële concurrentievermogen wordt gewaarborgd.

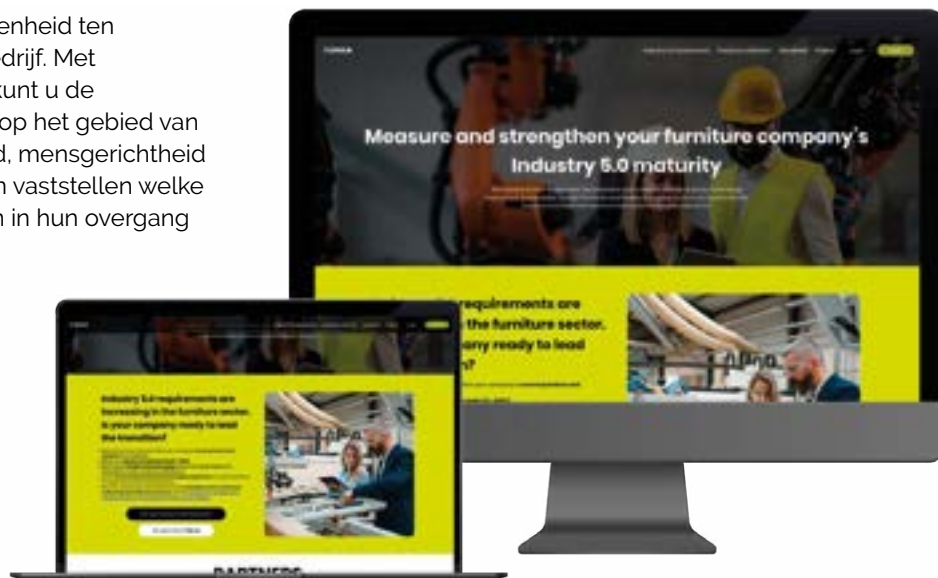
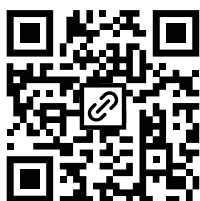
Samengevat: competenties vormen de spil van Industry 5.0 in de hout- en meubelsector. Voor het dichten van de kloof tussen opkomende vaardigheidseisen en het bestaande aanbod is een tweeledige strategie nodig: werknemers uitrusten met hybride groene en digitale capaciteiten, en deze integreren in technologie, bedrijfsmodellen en samenwerkingsnetwerken. Competentieontwikkeling is geen ondersteunende activiteit. Het moet de drijvende kracht worden die mensgerichte innovatie, duurzaamheid en digitalisering in lijn brengt met de industriële veerkracht van Europa op de lange termijn.





# A1

Meet en consolideer de mate van volwassenheid ten aanzien van Industry 5.0 van uw meubelbedrijf. Met de zelfbeoordelingstool voor Industry 5.0 kunt u de volwassenheid van uw bedrijf beoordelen op het gebied van technologie-implementatie, duurzaamheid, mensgerichtheid en veerkracht. Zo kunnen meubelbedrijven vaststellen welke gebieden nog voor verbetering vatbaar zijn in hun overgang naar Industry 5.0



### De tool in 5 stappen

Volg deze stappen om het zelfbeoordelingsproces te starten en profiteer van de inhoud en resultaten van de zelfbeoordelingstool voor Industry 5.0

0

Registreren en aanmelden  
[assessment.furn50.eu](https://assessment.furn50.eu)



1

### Beantwoorden

Beantwoord alle vragen die het beste aansluiten bij de huidige praktijken en scenario's van uw bedrijf in alle segmenten van Industry 5.0. Hiermee kunt u bepalen in hoeverre uw bedrijf volwassen is op het gebied van Industry 5.0 en ziet u welke mogelijkheden er zijn voor verbetering en de overgang naar Industry 5.0





2

### Beoordelen

Bekijk de Industry 5.0-volwassenheidsindex van uw bedrijf en stel vast wat uw sterke punten zijn en waar u tekortschiet aan technologie-implementatie, duurzaamheid, mensgerichtheid en veerkracht

3

### Verbeteren

Ontdek hoe u de overgang van uw bedrijf naar Industry 5.0 kunt versnellen door aanbevolen acties, technologische toepassingen en geselecteerde praktijken te verkennen die verbetering en prioriteitsbepaling ondersteunen



4

### Praktijkcollectie

Bekijk de volledige collectie Industry 5.0-praktijken en scenario's die in het FURN5.0-project zijn ontwikkeld



## FIX production and project union, LLC

fixunion.com.ua

OEKRAÏNE

De zelfbeoordelingstool is duidelijk, heeft een goede structuur en is eenvoudig in gebruik. Hij geeft een detailoverzicht van onze huidige positie en maakt relevante vergelijkingen mogelijk met andere landen en markten.

Belangrijker nog, ons bedrijf heeft er een praktisch actieplan mee kunnen ontwikkelen en belangrijke aandachtsgebieden geprioriteerd voor verdere werkzaamheden, met name op cruciale gebieden in tijden van oorlog, zoals circulariteit, veerkracht en diversificatie van de bevoorrading.



**FIX**  
UNION

## Meubelfabriek Stryi, LLC

tivoli.com.ua

OEKRAÏNE

Het onderzoek heeft duidelijk gebieden vastgesteld waarin wij onze ontwikkeling als een duurzaam, toekomstbestendig productiebedrijf kunnen consolideren. Op basis van deze inzichten willen we doelgerichte technologieën sneller toepassen en onze duurzaamheidspraktijken verder uitbreiden, niet alleen om onze eigen veerkracht een boost te geven, maar ook om een schaalbaar, efficiënt en verantwoord productiemodel in de Oekraïense meubelsector te creëren.



**TIVOLI**

## AQUINOS GROUP

aquinosgroup.com

PORTUGAL

Niet alleen de zich voortdurend veranderende wereldmarkt, ook de overgang naar Industry 5.0 stelt ons voor grote uitdagingen. Toegang tot praktische tools zoals deze, die een soepele en efficiënte overgang vergemakkelijken, is een cruciale stap in de richting van deze technologische evolutie.



**aquinos**  
sofas

## Love 2 Design

love2design.org

BULGARIJE

Ik vind het goed ontwikkeld en erg nuttig. Ik ben van mening dat het voldoende details bevat om bedrijven inzicht in hun situatie te bieden en hoe ze deze kunnen verbeteren. Een vergelijking van resultaten tussen bedrijven zou een uitgebreidere kennis van het industriële landschap kunnen verschaffen en waardevolle internationale vergelijkingen mogelijk maken.



**Love 2 Design**  
Furniture designers

## Svedholm

🌐 svedholm.se

ZWEDEN

De tool heeft meerdere potentiële verbeteringsgebieden geïdentificeerd. We gaan ons meer richten op toepassingen waarmee we een meer circulair bedrijfsmodel kunnen ontwikkelen.



*Svedholm*  
MAADE IN SWEDEN

## AZEMAD GROUP

🌐 azemad.com

PORTUGAL

Het is een belangrijke tool die duidelijk aantoont welke maatregelen het bedrijf doorvoert en welke niet, zodat wij inzien waar we het in de toekomst beter kunnen doen.



**AZEMAD** GROUP

## ACADO

🌐 acado.bg

BULGARIJE

Ik ben heel tevreden met deze tool. We hebben er een diepgaand inzicht door gekregen van onze huidige status en duidelijkheid voor onze toekomstige richting. In het bijzonder wil ik mijn waardering uitspreken voor de gedeeltes over Furniture-as-a-Service en de interne feedbacktools voor suggesties van werknemers. De nadruk op aanboddiversificatie is cruciaal voor ons en het idee om deel te nemen aan een netwerk voor het delen van middelen om de veerkracht tijdens crises te vergroten, is indrukwekkend. Deze ervaring was verhelderend en inspirerend nu wij ons in de richting van Industry 5.0 bewegen.



**ACADO**  
FURNITURE AS A SERVICE

## NADOP-VÝROBA NÁBYTKU, a.s.

🌐 nadop.cz

TSJECHIË

De tool is duidelijk en praktisch, verschaft een helder overzicht van onze huidige positie en van belangrijke verbeteringsgebieden. Hij heeft voor waardevol inzicht gezorgd in het vaststellen van prioriteiten op het gebied van circulariteit, veerkracht en aanboddiversificatie en biedt duidelijke richtlijnen voor de overgang naar een duurzamere, toekomstbestendige Industry 5.0-aanpak. De tool was eenvoudig in gebruik en intuïtief waardoor de algehele ervaring doeltreffend en gebruiksvriendelijk was.



**NADOP** | NÁBYTEK DOUČASTI VÝROBA

## Dřevojas, výrobní družstvo

drevojas.cz

TSJECHIË

De zelfbeoordelingstool is gebruiksvriendelijk, duidelijk en visueel aantrekkelijk. Dankzij de gedetailleerde vragen hebben we een uitgebreider inzicht verworven van onze huidige situatie en deze beter kunnen analyseren.



**dřevojas** ®  
český koupelnový nábytek

## CitySens Lab

citysenslab.com

SPANJE

Met de tool hebben we de huidige situatie van ons bedrijf uitgebreid kunnen analyseren en hebben we belangrijke processen vastgesteld die geoptimaliseerd en verscherpt kunnen worden. Wij beschouwen dit als een waardevolle mogelijkheid om strategisch te groeien, terwijl we ons voor ons hoofddoel blijven inzetten.



**CitySens (lab)**

## KAVE HOME

kavehome.com

SPANJE

De gebruikservaring van de tool was een waardevol leermoment, omdat het de praktische toepassing van Industry 5.0-principes heeft aangetoond. De oefening is onmisbaar gebleken bij het vaststellen van verbeteringsgebieden en heeft de noodzaak van voortdurende verbetering onderstreept.



**Kave Home**

## Waste Prevention SL (Prewaste)

prewaste.com

SPANJE

Het is een zeer nuttige tool, met goed ontwikkelde technische aspecten, die ongetwijfeld van pas zullen komen bij de integratie van Industry 5.0 in onze organisatie. Als eventuele verbetering zou het raadzaam zijn meer praktische en operationele voorbeelden op te nemen om de mate van volwassenheid beter te kunnen interpreteren en om sociale maatregelen concreter te specificeren, zoals verwijzingen naar beleidslijnen waaronder gedragsregels van leveranciers of richtlijnen voor het beheer van belanghebbenden.



**prewaste**

## ABSOTEC

absorcionacustica.com

SPANJE

Met de tool hebben we onze volwassenheid kunnen meten ten aanzien van meerdere aspecten van digitalisering, circulariteit en duurzaamheid. Ook zijn er mogelijkheden vastgesteld voor verbetering op basis van de verschillende technologieën, toepassingen, verwante best practices en gestructureerde aanbevelingen die in de tool zijn ingebouwd.



## NOMON

nomon.es

SPANJE

De tool is uiterst voordelig gebleken voor een duidelijk en uitgebreid overzicht van de positie waarin het bedrijf zich op dit moment bevindt. We hebben met meer zekerheid en vertrouwen de situatie vanuit een breder perspectief kunnen beoordelen, potentiële mogelijkheden geïdentificeerd en opties voor besluitvorming beoordeeld.



## Tomasella

tomasella.it

ITALIË

De ervaring was zowel duidelijk als boeiend en heeft ons een beter inzicht geboden in hoe wij actief zijn en wat het belang is van onze dagelijkse beslissingen. Het proces leverde concreet, gestructureerd inzicht op in onze realiteit, benadrukte de sterke punten en bracht nieuwe groeimogelijkheden aan het licht. Deze reis heeft een visie versterkt die is geworteld in kwaliteit, consistentie en verantwoordelijkheid, wat een natuurlijke evolutie stimuleert die het heden verbetert en vorm geeft aan een evenwichtige toekomst.



**TOMASELLA**

## Árkossy Bútor Kft

arkossy.hu

HONGARIJE

De tool heeft ons een reeks waardevolle inzichten en duidelijk gedefinieerde overwegingen voor de toekomst opgeleverd.



## Plydesign Ltd.

🌐 [plydesign.eu](http://plydesign.eu)

HONGARIJE

Naarmate ons bedrijf zich blijft ontwikkelen op het vlak van duurzaamheid en technologie, heeft deze tool benadrukt welke richting we in de toekomst moeten inslaan en welke niveaus we potentieel kunnen bereiken.



PLYDESIGN

## Alples

🌐 [alples.si](http://alples.si)

SLOVENIË

Dit is een zeer nuttige en eenvoudige tool om de mate van volwassenheid in ons bedrijf met betrekking tot Industry 5.0-praktijken te testen en de huidige ontwikkeling te beoordelen om een betere strategische richting voor te stellen.



## MKTECHMINDS SRL

ROEMENIË

Mijn ervaring met deze tool heeft laten zien dat de integratie van digitale tools en het stimuleren van een samenwerkingsmentaliteit in opleiding en professionele ontwikkeling van essentieel belang zijn. Het is geen kwestie meer van keuze, maar een noodzaak als wij ons concurrentievoordeel en relevantie in de zich voortdurend veranderende Europese markt willen behouden.



## Gonzaga Pro

🌐 gonzaga.eu

SLOVENIË



## Antares Romania

🌐 scaune.ro

ROEMENIË

In mijn ogen is dit een praktische en goed ontworpen tool. Hij biedt een beknopt overzicht van je vooruitgang op het gebied van digitalisering en duurzaamheid en geeft aan in hoeverre je hierop bent voorbereid. Daarnaast wordt uitgelicht welke gebieden vatbaar voor verbetering zijn.



ANTARES   
INTERNATIONAL

# A3

In dit rapport wordt de feedback gepresenteerd die uit een specifieke vragenlijst aan de ondervraagden is verzameld over hun ervaring met de FURN 5.0 online zelfbeoordelingstool. Het doel is om de percepties van de gebruikers, de mate van tevredenheid en suggesties voor verbetering vast te leggen nadat zij de tool hebben gebruikt. Door de antwoorden te analyseren stellen we vast wat de sterke punten, uitdagingen en concrete mogelijkheden zijn om de bruikbaarheid, relevantie en algehele effectiviteit van de tool te verbeteren.

In totaal hebben 21 ondervraagden, bedrijfsvertegenwoordigers uit 10 Europese landen (Bulgarije, Hongarije, Italië, Oekraïne, Portugal, Roemenië, Slovenië, Spanje, Tsjechië, Zweden), de enquête ingevuld. In het algemeen gaven de ondervraagden aan **zeer tevreden** te zijn met de bruikbaarheid van de tool: de grafische interface, het navigatiesysteem, de aanwijzingen en leesbaarheid werden allemaal geprezen. De tool werd vaak beschreven als *soepel, vriendelijk en bevredigend*. Meerdere gebruikers hebben benadrukt dat de tool heeft aangezet tot een zinvolle beschouwing over de digitale en organisatorische volwassenheid van het bedrijf.

**Registratie en navigatie** werden doorgaans als intuïtief gezien, hoewel enkele deelnemers zich op het einde van het proces aanvankelijk onzeker voelden. Hun suggestie is een duidelijker bevestigingsbericht of een voortgangs-/vooltooiingsbalk toe te voegen. Er werden slechts enkele technische problemen gemeld.

Wat betreft de **inhoud**, waren de gebruikers het erover eens dat de vragen in een logische volgorde werden gepresenteerd en grotendeels waren afgestemd op hun bedrijfscontext. Meerdere ondervraagden vonden bepaalde items echter niet volledig toepasbaar, met

name wanneer productie wordt uitbesteed of als het om kleine bedrijven gaat.

Sommige gebruikers vonden het af en toe lastig om bepaalde vragen te interpreteren en hebben voorgesteld een duidelijkere uitleg, voorbeelden of contextuele opmerkingen toe te voegen.

Het **resultatengedeelte** werd positief beoordeeld om zijn helderheid en bruikbaarheid. De ondervraagden vonden de resultaten over het algemeen realistisch en een relevante ondersteuning voor een strategische beschouwing over Industry 5.0. Toch werd er vaak gevraagd om de tool uit te breiden met meer gedetailleerde voorbeelden van best practices, suggesties van leveranciers en actuele inzichten in de toepassing.

Meerdere gebruikers zijn geïnteresseerd in het **downloaden van een rapport** en in de vergelijking van hun prestaties met **Europese sectorgemiddelden**, wat duidt op een sterke vraag naar benchmarkfuncties. Conclusie: de feedback laat zien dat de FURN 5.0 tool **alom gewaardeerd wordt vanwege zijn structuur, duidelijkheid en praktische relevantie, omdat hij bedrijven doeltreffend ondersteunt in de evaluatie van hun Industry 5.0-paraatheid**. De verzamelde suggesties wijzen naar mogelijkheden om de gebruikerservaring nog verder te verfijnen, praktische inzichten uit te breiden en de aanpasbaarheid en strategische bruikbaarheid van de tool voor diverse bedrijfsprofielen te verbeteren.

Het volledige rapport is beschikbaar op onderstaande link:







# FURN5.●

**ambit**  
LIVING SPACES CLUSTER

 **FLA**  
FederlegnoArredo

**E#IC**  
Europe's Furniture Industry Consortium



Co-funded by  
the European Union