

DIGITALISERING CRUCIAAL VOOR CIRCULAIRE INDUSTRIE TERUGKIJKEND VANUIT 2050



TNO innovation
for life

INHOUDSOPGAVE

TOEKOMSTVISIE

3

TERUGBLIK OP DE JAREN 2020

4

RE-X

5

DE SLIMME FABRIEK

6

TIJDPAD

7

EEN GESLAAGDE TRANSITIE

9

ZONDER DIGITALISERING GEEN CIRCULAIRE INDUSTRIE

In dit paper blikken we vanuit 2050 terug op onze tijd. En leren we hoe je aan de hand van digitalisatie tot een duurzame samenleving en een circulaire economie kunt komen. Dit document beschrijft de doelen, middelen en een roadmap die nodig zijn om dit te bereiken voor de Nederlandse maakindustrie. Kleinere en flexibele fabrieken zullen dicht bij de consument opereren. En nieuwe businessmodellen zorgen ervoor dat producten niet meer aan de klant worden verkocht, maar geleased en na gebruik weer teruggenomen. De manier om dit te realiseren is dat de industrie ‘digitaal’ wordt, dan ‘slim’ en uiteindelijk: duurzaam.

TOEKOMSTVISIE

Nederland, 2050 – De transitie naar een duurzame samenleving en een circulaire, CO₂-neutrale economie is goed op dreef. Het verkeer over de weg demonstreert dat al aardig: onze auto’s zijn uitsluitend elektrisch. Wagenbezit bestaat niet meer. Ook de klassieke autodealers en -garages zijn verdwenen. Er is namelijk een nieuwe keten van productie en gebruik ontstaan.

De fabrikant bouwt auto’s op een duurzame manier. En als autorijder sluit je een gebruikscontract met de producent. De auto zit vol sensoren die de fabrikant in real-time data sturen over de status van elk onderdeel en over het gebruik. Op basis van die informatie komt er zo nu en dan een regionale vestiging van de autoproducent bij je thuis voor het vervangen van kleine onderdelen die minder goed functioneren. Deze worden ‘on-demand’ gemaakt door een gespecialiseerde 3D-printshop. Voor het vervangen of aanpassen van grotere onderdelen krijg je een oproep van een refurbishment-vestiging in je regio. Als te veel onderdelen van je auto het eind van hun levensduur hebben bereikt levert de fabrikant een nieuwe bij je af. Je oude wagen wordt daarna volledig gerecycled in de fabriek.

“Wagenbezit bestaat niet meer. Ook de klassieke autodealers en -garages zijn verdwenen. Er is namelijk een nieuwe keten van productie en gebruik ontstaan”

TERUGBLIK OP DE JAREN 2020

Deze werkwijze heeft haar oorsprong in de vroege jaren twintig van onze eeuw. De destijds verwachte schaarste aan materialen en de onafwendbare klimaatverandering dwongen tot actie. Men kon niet anders dan werken aan het maximaal hergebruik van materialen, volledig terugdringen van verspilling, CO₂-neutraal produceren en het duurzaam opwekken van energie. De coronacrisis van 2020-2021 maakte plots duidelijk hoe belangrijk grondstoffen en productieketens eigenlijk zijn. Ook bleek dat de Verenigde Staten en China oppermachtig waren geworden op het gebied van dienstenplatforms en sociale media. Europa bezat dan wel een sterke industrie; onderling waren de landen te weinig verbonden om écht tegenwicht te bieden. Een gezamenlijk gedeelde, op Europese waarden gestoelde digitale platformindustrie was absoluut noodzakelijk. Europa stond dus voor een grote digitaliseringsuitdaging.

Hergebruik van materialen, zo realiseerde men zich toentertijd, is eigenlijk een digitaliseringsuitdaging. Dat gold ook voor plastics, al was toen nog niet duidelijk hoe dat probleem moest worden opgelost.¹ 'Zero' en 'Re-x' waren de sleutelwoorden van de dag. 'Zero' stond voor een reeks ontwikkelingen om te komen tot een duurzaam productieproces: ontwerpen, ontwikkelen en werken gebeurde nu in een voornamelijk digitale omgeving. Door volledig geautomatiseerde kwaliteitscontroles tijdens elke stap van het fabricageproces gingen fouten tot het verleden behoren. Zelflerende robots maakten een einde aan ad hoc-programmeren; incidenteel ontwikkeld en 3D-geprint gereedschap was niet meer nodig. Door slimme bestelprocedures en gebruikersmonitoring behoorden leveringsvertragingen en voorraden tot het verleden. Preventief onderhoud zou onverwachte storingen in producten gaan uitsluiten. Maximaal recyclen en duurzaam energiegebruik konden afvalstromen tot nul reduceren. Tenslotte zou door een systeem van levenslang leren personeel niet meer uit hoeven vallen.



Schroothopen behoren tot het verleden.

1 <http://publications.tno.nl/publication/34637386/joEUx6/TNO-2020-circulaire-plastics.pdf>

“Hergebruik van materialen, zo realiseerde men zich in de jaren 2020, is eigenlijk een digitaliseringsuitdaging”

RE-X

‘Re-x’ stond voor alles dat met reductie, hergebruik of herwinning te maken had: van repareren en recyclen tot herproduceren en herleveren. Daarvoor zou men elke stap in de volledige levensloop van een product – van ontwerp, inkoop en fabricage tot sloop en hergebruik – tot in detail moeten digitaliseren. Een ‘manufacturing data space’ maakte het fabricageproces voor alle betrokkenen op een volledig transparante manier toegankelijk. Op die manier wist je op elk moment in de productie waar je materialen of onderdelen zich bevonden en waar ze waren gemaakt. En had je als maker tijdens het ontwerpen al demontage en hergebruik in het achterhoofd. Je kon geautomatiseerde kwaliteitscontroles tijdens de productie inbouwen en sensoren aanbrengen voor monitoring tijdens het gebruik van het product. Op basis van al deze data kon je robots voeden, werkstations automatiseren en flexibel produceren. Dit werd de basis van wat de ‘digitale fabriek’ is gaan heten.

Maar daarmee was het einddoel nog niet bereikt. Elke fabriek is onderdeel van een waardeketen. Het heeft geen zin om zelf ‘digitaal’ te opereren als je partner in keten dat niet doet. Daarom moesten ook contacten met leveranciers, aannemers, onderaannemers én afnemers worden gedigitaliseerd. Dit proces had vooral betrekking op organisatie, administratie en financiën, zowel intern als extern. En zou leiden tot duidelijke afspraken en gemeenschappelijke werkwijzen voor alle bedrijven in het industriële ecosysteem. Al deze ketendeelnemers moesten absoluut veilig informatie kunnen uitwisselen: van ontwerpen tot verkopen tot leveren en factureren. Met het onderbrengen van al deze gegevens in klantportals was de ‘digitale keten’ geboren.

“Met data kon je robots voeden, werkstations automatiseren en flexibel produceren. Dit werd de basis van wat de ‘digitale fabriek’ is gaan heten”

DE SLIMME FABRIEK

De volgende fase was de stap naar de ‘slimme fabriek’ en de ‘slimme keten’. Fabrikanten verzamelden online data en kregen zo inzicht in het functioneren van geleverde apparaten en gebruikersgedrag. Dit leidde tot gedetailleerd inzicht in te verwachten reparaties en leveringen, maar ook tot nieuwe ideeën voor producten of varianten op bestaande apparaten. Zo ontstonden ‘product data spaces’. In de keten maakte dit real-time plannen en beheer mogelijk. Het vereiste wel privacyvriendelijke en volkomen robuuste databenutting. Het delen en analyseren van data is daarbij van essentieel belang, maar er waren grote vragen op het terrein van de privacygevoeligheid van data en de juridische bescherming van deze gegevens. Dat laatste werd treffend verwoord in de vraag wie eigenaar en verantwoordelijke is in een wereld waarin niet alleen mensen, maar ook dingen data genereren.²

Door deze ontwikkeling kwamen fabriek en keten uiteindelijk samen in een duurzaam ecosysteem. Fabrieken konden door de gedetailleerde en altijd actuele informatie van zowel leveranciers als afnemers flexibel en geautomatiseerd produceren. Herontwerpen op basis van gerecycled materiaal leverde nieuwe producten op. Uiteindelijk ontstond zo een nieuw businessmodel dat ‘Equipment Solution Service Provider’ (ESP) ging heten. Het gefabriceerde product of apparaat werd daarmee onderdeel van een heel servicepakket voor de klant. Fabrikanten bleven eigenaar, maar leverden de klant alle ondersteuning voor het optimaal en duurzaam functioneren van een product. Daar hoorden dus ook bij: preventief onderhoud, updates, reparaties, terugnemen na gebruik en waar mogelijk herlevering.

“Dit leidde tot gedetailleerd inzicht in te verwachten reparaties en leveringen, maar ook tot nieuwe ideeën voor producten of varianten op bestaande apparaten”



Een auto is geen product, maar een dienst.

2 <https://publications.tno.nl/publication/34637924/c6SScX/TNO-2021-technologische.pdf>

TIJDPAD

In het begin van de jaren twintig publiceerde TNO een white paper over stappen die Nederland zou moeten nemen om dé leverancier van geautomatiseerd functionerende apparaten voor hightechfabrieken in de wereld te worden. Het doel was om hen duurzaam te kunnen laten werken. Men constateerde dat Nederland een aantal zeer sterke regionale technologische ecosystemen bezat, met name rond chiptechnologie, scheepsbouw, en agro en food. Daar bevonden zich netwerken van soms wel 10.000 aannemers en onderaannemers: een prima voedingsbodemp voor de ontwikkeling naar digitale fabrieken en ketens. Daarin zag men een grote rol voor 3D-printing weggelegd. Voorzien werd ook het ontstaan van flexibel werkende bedrijven die dicht bij de consument staan. Deze aantrekkelijke vooruitzichten maakten dat veel bedrijven zich bij deze ondernemersnetwerken gingen aansluiten en samen de digitalisering ter hand namen. In het white paper werd hiervoor een tijdspad geschetst dat Nederland uiteindelijk met succes heeft doorlopen.

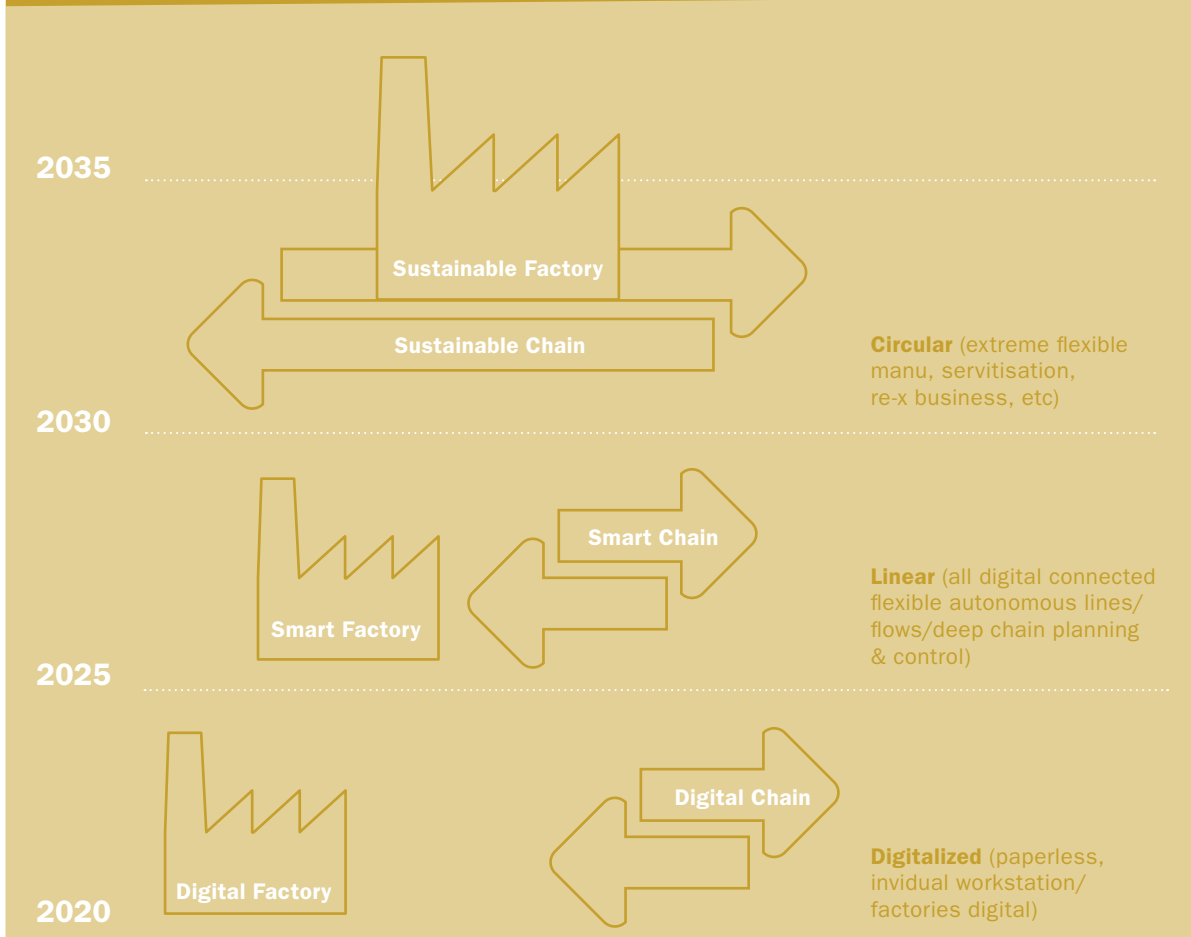
In 2025 hadden we in Nederland de meest flexibele en digitaal best verbonden toeleveringsketen voor het fabriceren van technologische goederen (componenten, producten, apparaten) gerealiseerd. Alle processtappen binnen fabrieken waren gedigitaliseerd en een aantal werkstations draaide al autonoom.

In 2030 was 80% van de waardeketens voor technologische goederen geheel gedigitaliseerd, autonome flexibele productielijnen waren gewoon geworden en de CO₂-emissies van fabrieken was met 50% verminderd ten opzichte van de referentiewaarde uit 1999. Dat betekende dat niet alleen binnen de fabrieken, maar ook tussen fabrieken onderling alle data over ontwerp, opdrachten, het fabricageproces en het real time volgen van onderdelen en kwaliteit digitaal uitgewisseld konden worden. Autonome, flexibele productielijnen waren daarnaast voorzien van machine learning- en AI-technologie.

In 2035 kon 80% van alle producten digitaal worden gevolgd van fabricage via gebruik terug naar de fabriek. Ook werd minstens 50% van alle na gebruik geretourneerde goederen circulair verwerkt: de 'Re-x'-ambitie werd zo steeds meer werkelijkheid. Daarbij was de CO₂-uitstoot met tenminste 50% teruggedrongen. Het uiteindelijke doel was om het productieproces geheel CO₂-neutraal te laten verlopen en bij gebruik 95% reductie te behalen. 'Re-x'-leveranciers namen 'product data platforms' en extreem autonome flexibele systemen voor demontage in gebruik.

“In 2035 kon 80% van alle producten digitaal worden gevolgd en werd minstens 50% van alle na gebruik geretourneerde goederen circulair verwerkt”

DOOR SLIM ONTWERPEN EN PRODUCEREN NAAR NUL AFVAL



EEN GESLAAGDE TRANSITIE

Deze transitie naar een duurzaam ecosysteem van slimme fabrieken en slimme ketens werd een succes, omdat alle betrokken partijen hadden voldaan aan enkele belangrijke voorwaarden die het white paper had gesteld. Zo was iedereen in de keten meteen na 2020 met de transitie begonnen. Daarnaast onderschreven alle partijen de voorwaarde dat er meer kennis en daarvoor ook intensiever toegepast onderzoek nodig was. Men wilde met name meer leren over geïntegreerde systemen, geavanceerde digitale technieken, kunstmatige intelligentie en machine learning. Ook niet-technische aspecten als een andere manier van zakendoen, op de mens afgestemde apparatuur en de maatschappelijke impact van de ‘slimme’ revolutie hadden alle noodzakelijke aandacht gekregen. Kortom: de weg naar duurzaamheid was bewandeld met een transdisciplinaire benadering van het hele ecosysteem van technieken, gebruikers, businessmodellen, consumentengedrag, regelgeving, waarden en ethiek.

De technisch geschoolde sciencefictionschrijver Arthur C. Clarke merkte een eeuw geleden op dat elke ver genoeg gevorderde technologie niet meer te onderscheiden is van magie. Voor de gewone burger zit daar wel wat in. De spreekwoordelijke blik onder de motorkap van de (elektrische) auto geeft geen idee van wat er daar aan slimme en verantwoorde techniek te vinden is. Je merkt alleen dat alles schoner, zuiniger, flexibeler en – als het goed is – gebruikersvriendelijker is dan vroeger. En daar draait het tenslotte allemaal om.

Contact

Christa Hooijer
Science Director TNO Industry

📍 Location Delft - Stieltjesweg
✉ christa.hooijer@tno.nl