

Dansk resumé

Teknologisk innovation designer fremtidens verden. Gennem teknologisk forskning og udvikling, R&D (Research and Development), udvikler ingeniører, designere og forskere nye materialer, produktfunktioner og produktionsprocesser, der er afgørende for den cirkulære økonomi (CØ), en lovende vej mod et mere bæredygtigt samfund. Teknologier, der er designet ud fra CØ-principper, muliggør effektivitetsgevinster, reducerer miljøpåvirkninger og hjælper til at opretholde værdien af ressourcer.

Fremstillingsvirksomheder bærer en stor del af ansvaret for at udvikle og implementere nye teknologier på en ansvarlig og bæredygtig måde. I sidste ende er det virksomhederne, der bestemmer, hvordan teknologierne anvendes i hverdagens produkter og systemer, og de er dermed med til at definere, hvor cirkulære og bæredygtige disse produkter og systemer ender med at være. Selvom bæredygtighed og cirkularitet måske er de nyeste tilføjelser til de beslutningskriterier, der bruges i R&D-projekter, er de langt fra de eneste. R&D-ingeniører må balancere disse kriterier med forretningspotentiale, teknisk realiserbarhed, risiko og mere, og i denne balancegang må de afveje de forskellige kriterier op mod hinanden. Efterhånden som virksomheder i stigende grad prioriterer miljømæssig bæredygtighed og cirkularitet i R&D, har de brug for nye værktøjer til bedre at forstå risici og fordele ved nye teknologier og beslutningstagningsstøtte til at navigere eventuelle trade-offs forbundet med deres beslutninger.

Formålet med dette ph.d.-projekt er netop at udvikle værktøjer, der kan understøtte analyser og beslutninger og i teknologisk R&D og derved styrke integrationen af bæredygtighed og cirkularitet. Forskningsprojektet er gennemført ved brug af *Design Research Methodology* med en *Action Research* tilgang. En række forskellige metoder er anvendt, herunder systematiske litteraturgennemgange og -syntese, interviews, workshops og kvasi-eksperimenter. Forskningen er udført i tæt samarbejde med Grundfos, en stor fremstillingsvirksomhed inden for vand- og energiteknologisektoren. Værktøjerne blev desuden evalueret i andre sammenhænge, såsom luftfartsindustrien og medicinalindustrien, samt ved inddragelse af akademikere og rådgivere inden for feltet.

Værktøjskassen – som er hovedresultatet af denne afhandling – inkluderer et screeningsværktøj for nye teknologier og et beslutningsstøtteværktøj til at afveje trade-offs inden for teknologisk R&D:

- Screeningsværktøjet, **Value-Impact Analysis** (VIA), tager en workshoptilgang, der kombinerer livscyklustækning og idéen om værdifastholdelsesstrategier i CØ, skræddersyet til teknologiens R&D-proces. En del af værktøjet er også at udarbejde fremtidige scenarier i gennem kvalitative og semikvantitativ analyser samt en visualisering af resultaterne.
- Beslutningsstøtteværktøj til at afveje trade-offs , **Multiple Narrative Decision Analysis** (MNDA), bygger på andre ikke-kompenserende multi-kriterie beslutningsanalyseværktøjer (*non-compensatory multiple criteria decision analysis tools*). Værktøjet anvender en innovativ tilgang, hvor fortællinger er i centrum, sammen med en systematisk følsomhedsanalyse.

Omfattende evalueringer af de to værktøjer indikerer, at de udgør et betydeligt bidrag til R&D-ingeniører ved at gøre dem i stand til bedre at forstå, diskutere, analysere, fortolke, visualisere og formidle bæredygtighed og cirkularitetspotentialer i nye teknologier. Udover at hjælpe fremstillingsvirksomheder gennem praktiske værktøjer, udvider dette projekt også den nuværende viden og debat om CØ-trade-offs og *Design for Sustainability*, især hvad angår scenarier og fortællingers rolle i analyse og beslutningstagning.