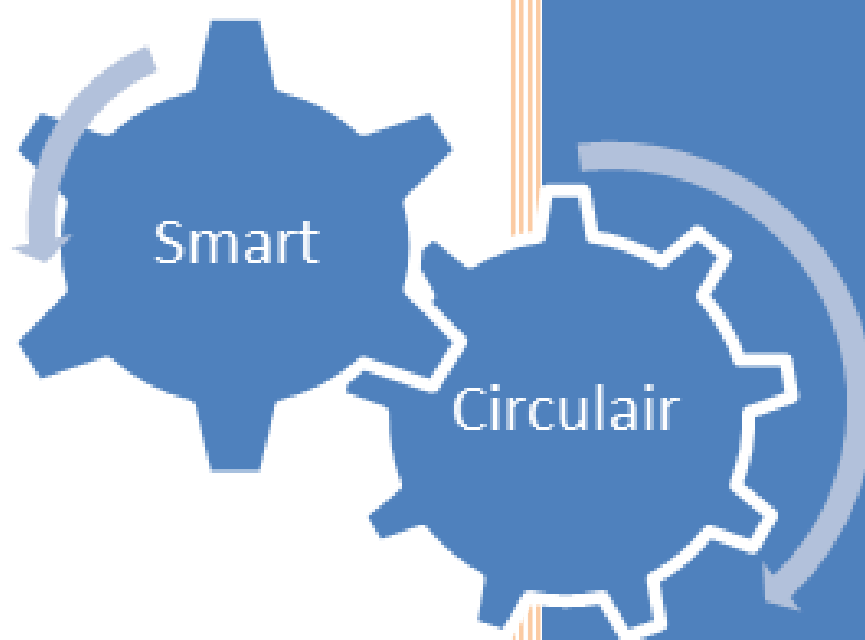


De impact van slim èn circulair : hoe innovaties in de maakindustrie bijdragen aan een lagere footprint



Ton Bastein

Toon van Harmelen

Mara Hauck

Diana Godoi Bizarro

Sara Wieclawska

TNO 2020 R12210

Mei 2021

TNO-rapport

TNO 2020 R12210

De impact van slim èn circulair -hoe innovaties in de maakindustrie bijdragen aan een lagere footprint-

Datum	Mei 2021
Auteur(s)	Ton Bastein, Toon van Harmelen, Mara Hauck, Diana Godoi Bizarro, Sara Wieclawaska
Aantal pagina's	104
Aantal bijlagen	4
Opdrachtgever	Provincies Zuid-Holland, Noord-Brabant, Gelderland, Overijssel, FME, Koninklijke Metaalunie, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Projectnummer	060.45672

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Inhoudsopgave

Voorwoord	4
Samenvatting	5
1 Inleiding: de milieugevolgen van wereldwijde groei en de rol van een meer circulaire economie	10
1.1 Bevolkings- en welvaartstoename leiden tot een grote druk op hulpbronnen en milieu	10
1.2 Handelingsperspectieven in een Circulaire Economie	10
1.3 Circulaire economie en de maakindustrie	11
1.4 Circulaire economie en de Smart (maak)industrie: de impact van ICT	11
1.5 Wat is de impact van innovaties in de maakindustrie?.....	12
1.6 Circulaire perspectieven: milieu-rendement of niet?	13
1.6.1 Refurbishment van energie-consumerende apparatuur.....	14
1.6.2 Onduidelijke effecten van product-service-systems zoals products-as-a-service en ‘asset sharing’	14
1.7 Leeswijzer	17
2 Circulaire activiteiten in de maakindustrie: een overzicht van observaties in Gelderland, Noord-Brabant, Overijssel en Zuid-Holland en selectie van cases	18
2.1 Ervaringen uit de Zuid-Hollandse, Gelderse, Noord-Brabantse en Overijsselse maakindustrie.	18
2.2 De plek in de waardeketen van geïnterviewde bedrijven	18
2.3 Efficiënter gebruik maken van grondstoffen	19
2.3.1 Additive Manufacturing – 3D metaalprinting.....	19
2.3.2 Metal injection moulding	19
2.4 Levensduurverlenging van componenten en producten door (‘predictive’) onderhoud en reparatie.....	20
2.5 Refurbishment en remanufacturing	20
2.6 Nieuwe businessmodellen: Diensten leveren in plaats van producten	20
3 Case studies: impact van circulaire innovaties	21
3.1 Overzicht van de cases	21
3.2 Efficiënt grondstofgebruik	24
3.2.1 3D metaalprinting bij Kaak.....	24
3.2.2 Metal Injection Moulding bij Demcon.....	28
3.3 Remanufacturing en refurbishment	31
3.3.1 Refurbishment van röntgenbronnen bij Malvern Panalytical	31
3.3.2 Servers en ICT-apparatuur bij SNEW	35
3.3.3 Aandrijvingen bij SEW-Eurodrive	39
3.4 Smart Maintenance.....	44
3.4.1 Remeha: smart maintenance van CV-ketels	44
3.4.2 Van Raam: accu’s voor e-bikes	47
3.5 Servitization	51
3.5.1 HTC Speedgates-as-a-service	51
3.5.2 VConsyst: afvalinzameling-as-a-service.....	55
3.5.3 Vanderlande: bagageafhandeling as a service: FLEET	59
3.5.4 PrivaECO: klimaatbeheersing als een dienst	64

3.5.5	Alkondor Hengelo: gevels-as-a-service.....	67
3.5.6	Aebi Schmidt: wegbeheer-as-a-service.....	70
4	Conclusies en observaties: impact van circulaire innovaties op milieu en businessmodel, drijfveren en barrières	75
4.1	De impact van circulaire innovaties op milieu en materiaalgebruik.....	75
4.2	Opschaling: wat betekenen deze innovaties voor duurzaamheidsimpact voor de maakindustrie?	77
4.3	Impact op het businessmodel.....	79
4.4	Drijfveren en barrières voor circulaire innovaties: een samenvattend beeld.....	79
4.5	Focus op de rol en positie van de toeleverancier	85
4.6	Conclusie kort samengevat	86
5	Vervolgstappen	88
5.1	Verbreding en versnelling: informeren en activeren	88
5.2	Verdieping.....	89
	Bijlage 1 Overzicht alle geïnterviewde bedrijven in Gelderland, Overijssel, Zuid-Holland en Noord-Brabant en circulaire aanknopingspunten	91
	Bijlage 2 Het Business Model Canvas	97
	Bijlage 3 Analyse van drijfveren en barrières	99
	Bijlage 4 Case studies - methodologische stappen	101

Voorwoord

In juli 2017 kwamen vertegenwoordigers van provincies Noord-Brabant, Gelderland en Overijssel samen in Arnhem voor een discussie over de rol van de (smart) maakindustrie in en voor een circulaire economie. Ondergetekende (Bastein) was daarbij ook aanwezig. Als deel van de discussie spraken we over de bijna natuurlijke verbinding die de maakindustrie heeft met een circulaire economie en de lessen die we zouden kunnen trekken uit de ervaringen van de maakindustrie met verschillende handelingsperspectieven. Zonder dat per se circulariteit een drijfveer hoeft te zijn. Op basis van deze (en ongetwijfeld andere) discussies werden tussen januari 2018 en het voorjaar van 2020 meer dan 70 interviews gehouden met bedrijven uit de maakindustrie in de genoemde provincies en Zuid-Holland om na te gaan in hoeverre smart industry inderdaad de circulaire economie verder kan helpen. De weerslag van die interviews is te vinden in 4 rapporten die elk de ervaringen in de deelnemende provincies beschrijven.

Grofweg bleek uit deze rondgang dat de maakindustrie inderdaad een voorbeeldrol kan vervullen als het gaat om de ontwikkeling en versnelling naar een meer circulaire economie. De disruptieve rol die ICT kan vervullen kwam frequent langs.

Om deze versnelling meer (regionaal en nationaal) draagvlak te geven is een verbreding nodig van het aantal betrokken bedrijven in heel Nederland, maar zeker ook een verdieping van onze inzichten in de daadwerkelijke gevolgen van deze 'circulaire' innovaties. En dan met name op het gebied van (bredere) duurzaamheidsimpact en grondstofgebruik, immers de strategische doelen van het ingezette beleid rond circulaire economie. Want alleen met die impact loont het ook de moeite om te investeren in langere termijn programma's. Zowel de deelnemende provincies, als de FME, Metaalunie als het Ministerie van EZK waren diezelfde mening toegedaan en hebben dit project mogelijk gemaakt.

Bij deze willen wij -naast de genoemde sponsors- ook alle deelnemende bedrijven danken voor de tijd die ze hebben genomen om met ons op zoek te gaan naar gegevens die het mogelijk maken een inzicht te geven in de milieu—impact van hun inspanningen.

Ton Bastein, Toon van Harmelen, Mara Hauck, Diana Godoi Bizarro, Sara Wieclawska
TNO

Samenvatting

De maakindustrie heeft van oudsher een circulair karakter en innovaties versterken dat karakter.

De transitie naar een (meer) circulaire economie kan een belangrijke bijdrage leveren aan het verlagen van de milieufootprint en het grondstofgebruik... (en daarmee het verbeteren van de lange-termijn leveringszekerheid) van onze economie. Uit eerder onderzoek is gebleken dat tal van activiteiten in de maakindustrie soms al van oudsher een sterk circulair karakter dragen en dat veel innovaties bijdragen aan een versterking van de vaak reeds aanwezige circulariteit. Die innovaties behelzen onder andere nieuwe, grondstofbesparende productietechnologie, geavanceerd onderhoud, mede op basis van de inzet van ICT, remanufacturing en refurbishment van kapitaalgoederen en de omschakeling naar een ander op dienstverlening gebaseerd businessmodel (met designveranderingen als gevolg van deze verandering van businessmodel).

Deze circulaire innovaties dragen alle bij aan een lagere milieufootprint.

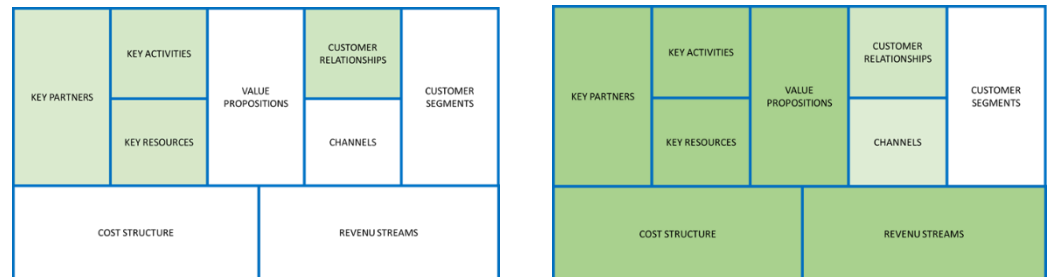
In dit rapport is voor deze innovaties aan de hand van 13 cases een analyse gemaakt van de brede duurzaamheidsconsequenties en van de drijfveren en barrières die een rol speelden bij de ontwikkeling van die innovatie. Op hoofdlijnen blijkt dat alle onderzochte innovaties op de meeste duurzaamheidscategorieën een positieve bijdrage leveren (in tabel S-1 wordt vooral ingezoomd op de bijdrage aan verminderde CO₂-uitstoot).

Tabel S-1: Overzicht per innovatietype van circulariteitskenmerken en minimale en maximale impact in CO₂-equivalent uitstoot t.o.v. de conventionele baseline, alsmede de randvoorwaarden hiervoor.

Smart innovatie	Smart innovatie bijdrages aan circulariteit en milieu	Impact in CO ₂ -equivalent	Randvoorwaarden
Smart manufacturing	3-D metaal printing of injection moulding maken gebruik van minder materiaal door design optimalisatie en meer efficiëntie.	-71% - -7%	Een groot aandeel materiaalbesparing in vergelijking met de baseline is de “key” voor een betere milieuprestatie. Materiaaltype van belang, inzet van alternatieve metalen kunnen milieuwinst teniet doen.
Smart maintenance	Optimalisatie bij de gebruiksfase van een product, langere levensduur, m.b.v. o.a. sensing & smart logistics	-70% - -45%	Hangt sterk af van de mate waarin levensduur verlengd wordt en in hoeverre materialen of energie worden bespaard door een beter onderhoud.
Remanufacturing & refurbishment	Minder energie- en materiaalgebruik door de vermeden productie van nieuwe apparaten, repair & modulair design	-56% - -27%	Hoe langer de leveranciersketen en hoe meer stappen bij productie plaatsvinden hoe groter het milieuvoordeel is; e.v.t. autonome energie-efficiencyverbetering in gebruiksfase moet gecompenseerd. Edelmetalen en inzet van ICT onderdelen hebben vaak de grootste bijdrage aan milieueffecten dus hun besparing of inzet zijn bepalend voor milieuwinst.
Servitization	Optimalisatie bij de gebruiksfase van een product, o.a. sensing, smart logistics, data management, robotisering, modular design & on demand maintenance	-50% / +15%	Impact gebaseerd op langere levensduur en evt. lager energie Toepassing van electronica kan bijdragen aan grotere milieufootprint.

In een aantal gevallen is op specifieke impact-categorieën de footprint van de casestudy groter dan die van het basisscenario. In deze gevallen gaat het om het toegenomen gebruik van ICT-apparatuur. Inzet van ICT-apparatuur heeft bij de inzet van LCA vanwege de complexe productieprocessen en de erin gebruikte materialen een grote, nadelige invloed op verschillende toxiciteitscategorieën. Wat verder nog niet is onderzocht is of -bijvoorbeeld als gevolg van servitization- bij downstreamprocessen een toename van verbruik ontstaat, bijvoorbeeld door verlaging van gebruiksdrempels, of het mogelijk maken van goedkopere processen en producten (rebound effect).

De mate waarin het businessmodel wordt beïnvloed verschilt sterk per type innovatie.



Opzetten van refurbishment (zie figuur: links) is grotendeels een intern gerichte activiteit die niet veel invloed heeft op de klant-relatie of - Daarentegen kan het opzetten van een as-a-service-model (zie figuur: rechts) zeker als dat gepaard gaat met een redesign van de hardware zeer ingrijpend zijn voor alle aspecten van het gevoerde businessmodel. Daarmee is ook duidelijk dat de impact op de onderneming en op alle facetten daarin (HR, financiering, technologie, marketing en sales) aanzienlijk is en dat een overgang naar servitization vrijwel altijd een complexe netwerk-operatie is, waarin klanten, toeleveranciers en nieuwe partners betrokken moeten worden. Alleen al daarom is het van belang voor toekomstige verbreding van deze circulaire initiatieven oog te hebben voor het gehele spectrum aan innovaties, waaronder voor onderhoud en refurbishment: het lijkt eenvoudiger te implementeren, ook voor kleinere bedrijven, met toch een aanzienlijk milieurendement.

De drijfveren voor deze innovaties zitten vooral in het verbeteren van concurrentiepositie....

Uit de door onderzochte bedrijven aangedragen drijfveren en barrières blijkt dat 'Intrinsieke motivatie', leiderschap willen tonen en 'concurrentievermogen' het meest genoemd worden als drijfveer. Daarbij is die intrinsieke motivatie niet per se gekoppeld aan een duurzaamheidsambitie, maar meer aan de wil om als onderneming voorop te lopen in de sector.

... en de barrières zitten vooral in "tradities binnen de sector" en "aanwezige skills"

Dit zijn de meest genoemde barrières. Onder die tradities zitten verschillende elementen, zoals het niet overgaan op Total-cost-of-ownership (TCO) in aankoopprocessen, de veranderende rol van intermediaire partijen (zoals dealers) of het niet gewend zijn aan andere productieprocessen. Het veranderen van skills is vooral een barrière bij de overgang op een ICT-rijke omgeving en de verandering van een product leverende naar een dienstverlenende organisatie.

Deze en vorige studies en verkenningen zijn een belangrijke stap op weg naar een stevige, programmatische aanpak die ervoor moet zorgen dat meer bedrijven zich op de eerste plaats sneller realiseren in hoeverre zij al (vaak zonder het te weten) een tastbare bijdrage aan de circulaire economie en aan meer duurzaamheid leveren. Dat bewustzijn en de opname van o.a. deze resultaten in een meerjarig programma moeten leiden tot een verbreding en versnelling van de implementatie van het type innovaties dat hier de revue passeerde. Op kortere termijn zouden de resultaten breed gedeeld moeten worden en opgenomen kunnen

worden in publicaties zoals o.a. de CESI Wegwijzer en de website van Circulaire Maakindustrie. De lessen die geleerd zijn uit het overzicht drijfveren en barrières zullen onderwerp van interactieve workshops met maakbedrijven kunnen worden. Het is immers van belang om de bredere voordelen van circulaire innovaties te kunnen duiden om ze vervolgens in strategisch ondernemingsbeleid te verankeren. Daarnaast zal het uitwisselen van ervaringen (bijvoorbeeld over het aanpakken van barrières op weg naar innovatie of over communicatie m.b.t. duurzaamheid) een plek moeten krijgen in een versnellingsaanpak via het opzetten van zogenaamde Communities of Practice. Deze kunnen georganiseerd worden langs de lijnen van de verschillende types innovaties, aangezien gebleken is dat de impact op de bedrijfsvoering voor verschillende types innovaties sterk verschilt.

De versimpelde LCA-methodiek die in dit rapport is toegepast zou idealiter door de bedrijven zelf opgepakt kunnen worden om een inschatting te kunnen maken van de duurzaamheidsimpact van voorgenomen innovaties.

Die programmatische aanpak leidt tot verbreding, maar ook tot een stevige researchagenda

Naast een verbreding en versnelling op basis van de al opgehaalde observaties en lessen, vraagt een verdere ontwikkeling van circulariteit in de 'smart' maakindustrie ook om verdiepende activiteiten. Hier zijn verschillende stappen te zetten. Deze stappen dienen gebaseerd te zijn op de uitdagingen die bedrijven, verenigd in de al genoemde 'communities of practice' voor zich zien.

Verdieping kan verder worden ontwikkeld met een research-agenda rond (de inzet van) digitalisering in de circulaire maakindustrie, in het sneller en gericht adopteren van nieuwe technologie en in het beter grip krijgen op de keten- en netwerk-consequenties van circulaire innovaties.

Het verdient aanbeveling de research-agenda rond digitalisering en servitization nader uit te werken en daarbij nauwe samenwerking met het Smart Industry Programma te zoeken, zodat optimaal gebruik wordt gemaakt van de (technologische) voortgang in dat programma. Het uitgangspunt van deze voorlopige aanzet voor een research-agenda is dat digitalisering een essentiële bijdrage levert aan zogenaamde 'servitization', de verdienstelijking van de samenleving in het algemeen en de maakindustrie in het bijzonder. Servitization kan in principe grote gevolgen hebben voor de milieu-impact van productieprocessen en de inzet van goederen en materialen.

Overigens bleek uit verschillende analyses dat het gebruik van ICT duurzaamheidsimpact met zich meebrengt die de positieve effecten van de onderzochte cases ten dele reduceert. Een beter inzicht in deze effecten zou nader onderzoek verdienen. Zeker omdat de inzet van ICT in de 'smart' maakindustrie de komende jaren alleen maar zal toenemen.

Overigens staat juist deze verbinding tussen digitalisering, duurzaamheid en circulariteit in toenemende mate onder de aandacht getuige recente publicaties van o.a. het European Policy Centre: "Towards a green, competitive and resilient EU economy: how can digitalisation help?"¹ en de policy brief van de EC "Responsible

¹ A. Hedberg, S. Sipka (EPC), Towards a green, competitive and resilient EU economy: how can digitalisation help?, Policy Paper in het kader van het Sustainable Prosperity for Europe Programma, juni 2020

digital transformation – the bridge between digital and circular economy policies”. Daarmee is ook duidelijk dat deze verdiepende aanpak aansluiting moet zoeken bij nationale en EU-initiatieven op dat vlak.

In dit rapport is aangegeven dat alleen gekeken wordt naar de directe impact van innovatie, en niet naar mogelijke additionele positieve of negatieve gevolgen (rebound-effecten) die verderop in de waardeketen zouden kunnen ontstaan. Verlenging van levensduur en beter onderhoud kan de impact van de productie-asset verkleinen (onderwerp van dit onderzoek), maar verderop in de waardeketen kunnen leiden tot meer en goedkopere productie. Om een realistisch beeld te schetsen van de integrale impact zouden de analyses over de hele waardeketen moeten worden gedaan. Dit vereist zowel verdiepend onderzoek op case-by-case-niveau als het grip krijgen op de consequenties op macro-niveau.

In vervoliprogramma's zal ook de rol en positie van de toeleverancier meer aandacht moeten krijgen. Te denken valt o.a. aan de volgende aspecten:

- De introductie van nieuwe productietechnologie (3D, MIM)
- De consequenties van digitalisering en robotisering op het veranderen van klantcontacten.
- Het inzetten van competenties op het gebied van materialen, design en componenten in beter contact met de OEM en innovatief design.
- Het vergroten van inzicht in de duurzaamheidsimpacten en de rol van toeleveranciers in het ontwerpproces

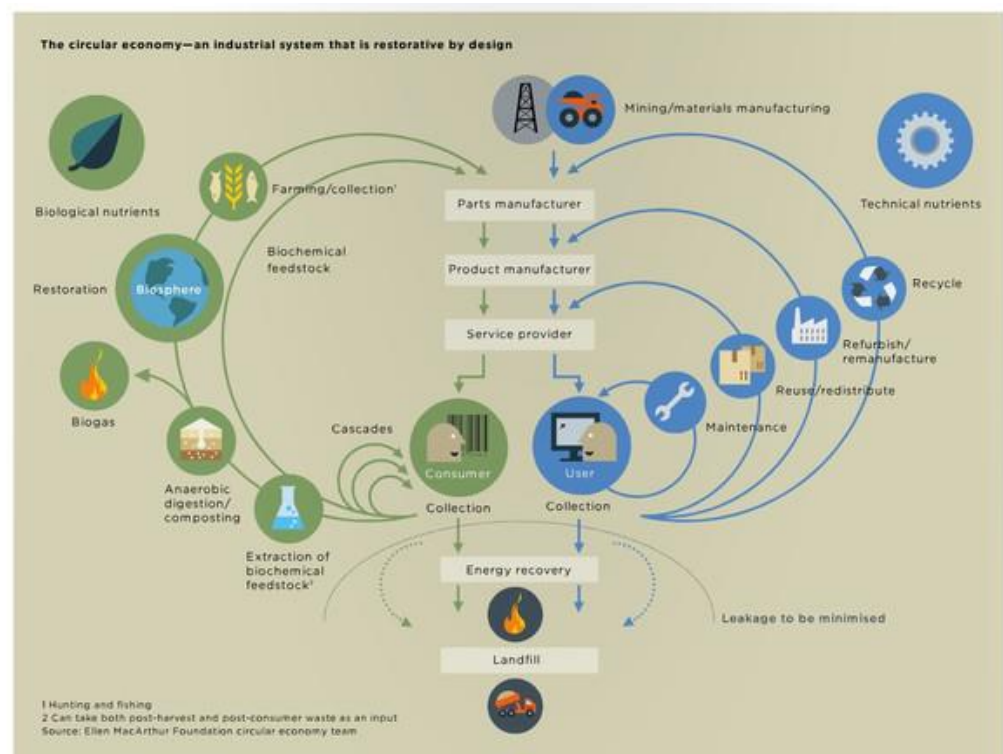
1 Inleiding: de milieugevolgen van wereldwijde groei en de rol van een meer circulaire economie

1.1 Bevolkings- en welvaarttoename leiden tot een grote druk op hulpbronnen en milieu

De groei van de wereldbevolking en de groeiende welvaart van die wereldbevolking heeft geleid tot een aanzienlijk grotere behoefte aan grondstoffen, een grotere druk op ons milieu en voor een enorme toename van de uitstoot van broeikasgassen. Om de gevolgen te verzachten wordt wereldwijd ingezet op energietransitie waarmee de CO₂-uitstoot drastisch kan worden beperkt. Maar daarnaast worden ook stappen gezet om beter en zuiniger om te gaan met onze grondstoffen en producten: deze stappen worden gevat onder het begrip “Circulaire Economie”. Zuiniger omgaan met grondstoffen en producten is een tweesnijdend zwaard: aan de ene kant kan het de behoefte aan grondstoffen reduceren, en aan de andere kant kan het CO₂-emissies helpen reduceren, omdat productie van goederen en materialen een grote bijdrage levert aan de wereldwijde emissies.)

1.2 Handelingsperspectieven in een Circulaire Economie

Het concept van een circulaire economie zoals geïntroduceerd door de Ellen MacArthur Foundation gaat uit van hergebruik van producten en grondstoffen en het voorkomen van waarde-vernietiging in het totale systeem. Het bekende schema dat de EMF vervolgens introduceerde kan inmiddels beschouwd worden als het ‘logo’ van circulair denken (figuur 1).



Figuur 1. Het concept van een circulaire economie (bron: Ellen MacArthur Foundation, 2013)

Het waardebehoud in een circulaire economie is gebaseerd op het verlengen van de economische levensduur van goederen (bijvoorbeeld door intensiever plegen van onderhoud en het ontwikkelen van waardeketens waar refurbishment en remanufacturing de drijfveren zijn), het intensiveren van het gebruik (bijvoorbeeld door het verhuren van goederen en het opzetten van deelgebruik van goederen), en –uiteindelijk- het op een optimale wijze recyclen van de materialen aan het einde van de levensduur.

Dat waardebehoud begint vanzelfsprekend bij het ontwerpproces: als daar rekening wordt gehouden met repareerbaarheid en onderhoud, met remanufacturing (het inzetten van nieuwe onderdelen t.b.v. een langere levensduur of een noodzakelijke update) of met recycleerbaarheid (door gebruik te maken van recycleerbare materialen of verbindingstechnologie die separatie mogelijk maakt) is waardebehoud in de hele keten eenvoudiger te realiseren. Uitdaging daarbij is natuurlijk hoe de inspanningen aan de voorkant (het ontwerpproces) ook ten goede komen aan de ontwerpende partijen.

In veel publicaties wordt een lans gebroken voor de overgang van businessmodellen waarin verkoop van goederen centraal staat, naar een businessmodel waarbij de leverancier of producent gedurende de levensduur eigenaar blijft van zijn product, en bijvoorbeeld een pay-per-use concept in de markt zet². Zo'n businessmodel kan natuurlijk een extra incentive geven bij een producent om levensduur, up-time, repareerbaarheid te optimaliseren en bij beëindiging van gebruik zoveel waarde (in componenten of materialen) te recupereren. Daarnaast levert zo'n model in het gunstige geval ook een nauwere betrokkenheid op bij het wel en wee van de klant. Aan de keerzijde kunnen echter transactiekosten een enorme vlucht nemen, kan de overgang geheel nieuwe competenties vergen, kan kannibalisering van de markt plaatsvinden en kan de (voor)financiering obstakels kennen³.

1.3 Circulaire economie en de maakindustrie

De businessmodellen en de verschillende circulaire handelingsperspectieven die in de voorgaande paragraaf werden aangestipt zijn voor veel bedrijven uit de maakindustrie (afkomstig uit de sectoren metaalindustrie, elektrotechnische industrie en producenten van hightech systemen en materialen) gesneden koek en een essentieel model van hun wijze van produceren en opereren in de markt. Dat is niet pas ontstaan als gevolg van de introductie van het begrip 'Circulaire Economie'. Dat is al eerder aangestipt in de studie "Kansen voor een circulaire economie in Nederland" uit 2013 waaruit naar voren kwam dat de economische kansen voor een groot deel afkomstig zijn uit reparatie en onderhoud en rechtstreeks hergebruik van componenten en producten.

1.4 Circulaire economie en de Smart (maak)industrie: de impact van ICT

De introductie van ICT in de maakindustrie en de transitie naar een werkelijke 'smart industry' kan een impuls betekenen voor de overgang naar een (nog) meer

² Arnold Tukker, Bus. Strat. Env. 13, 246-260 (2004)

³ Zie het rapport Money Makes the World Go Round, Working Group Finance, Sustainable Finance Lab, (draft) december 2015

circulaire maakindustrie⁴. De interconnectiviteit tussen apparatuur leidt tot een aanzienlijk grotere kennis van de conditie en de beschikbaarheid van apparatuur, waarmee bijvoorbeeld de weg wordt vrijgemaakt voor een verandering van businessmodellen waarbij functioneel gebruik van apparatuur (in plaats van verkoop) centraal staat of waarbij preventief onderhoud leidt tot zowel een langere levensduur als een scherper spare-parts-management. Uit de verkenningen in de maakindustrie is dan wel gebleken dat in veel gevallen duurzaamheid en circulariteit geen primaire drijfveer is van bedrijven uit de Smart Industry, het is ontegenzeggelijk zo dat deze smart innovaties wel een bijdrage kunnen leveren aan een betere inzet van materialen en dus aan de circulaire economie. Door bedrijven uit de maakindustrie daarvan bewust te maken, kan het thema duurzaamheid beter verankerd worden dan nu het geval is (het lijkt nu een moeilijk add-on, in plaats van dat het onderdeel van de kern van het bedrijf uitmaakt), waardoor ook beter kan worden ingespeeld op de positieve spin-offs van duurzaamheid (zoals het verbeteren van image, aantrekkelijker zijn voor medewerkers, betere relaties met klanten en overheden, etc.).

Alhoewel ook het document “Smart Industry Implementatieagenda 2018-2021”⁵ ingaat op de noodzaak van de Smart Industry in het beheersen van onze grondstoffenbehoefte en verbeteren van de duurzaamheidsimpact, wordt de potentie van een voor deze agenda belangrijke ontwikkeling als servitization niet gezien als een ontwikkeling die kan bijdragen aan duurzaamheid en circulariteit. Terwijl servitization, waar niet langer het product maar de dienst centraal staat, ook een uitstekend middel kan zijn om grip te houden op producten en grondstoffen, een drijfveer kan zijn voor verbeterd ontwerp (design for repair) en daarmee een drijfveer voor een meer circulaire bedrijfsvoering kan zijn. Ook andere thema’s leiden tot verduurzaming zonder dat dat expliciet wordt benoemd (zoals first-time-right, 3D printing, beter en voorspelbaar onderhoud m.b.v. remote monitoring).

Het uitvoeringsprogramma circulaire maakindustrie (UPCM) benoemt de rol van digitalisering kort: *“Al bij het ontwerp van producten én diensten zal de focus moeten liggen om maximale waarde met minimaal gebruik van (nieuwe) grondstoffen, waarbij ook de digitale revolutie veel belofte biedt, te realiseren.”* Het UPCM heeft daarmee aandacht voor een breed spectrum aan circulaire initiatieven (ver voorbij recycling van materialen) en wordt de interactie met ‘smartness’ wel herkend, alhoewel op dat vlak versterking mogelijk en gewenst is.

1.5 Wat is de impact van innovaties in de maakindustrie?

De overwegingen in voorgaande paragrafen is de aanleiding geweest voor een verkenning (door de provincies Gelderland, Noord-Brabant, Overijssel en Zuid-Holland gefaciliteerd) langs meer dan 70 bedrijven uit de maakindustrie, waarbij de innovaties uit de bedrijven centraal stonden en ingezoomd werd op die innovaties die een logisch verband met circulariteit hadden. In hoofdstuk 2 van dit rapport wordt een samenvattend overzicht gegeven van de observaties. Kort gezegd komt deze uitgebreide verkenning er op neer dat elk van de eerder geschetste perspectieven in meer of mindere mate toegepast wordt in de maakindustrie. Soms

⁴ Zie ook de voorbeelden in het Accenture-rapport “Circular Advantage” (2014) en de voorbeelden in het rapport van de Ellen MacArthur Foundation “Smart Assets” (2015)

⁵ Smart Industry Implementatieagenda 2018-2021, het resultaat van de samenwerking van de partners van het Programmabureau Smart Industry, februari 2018.

worden die innovaties ingegeven door de directe toepassing van ICT (sensoren, big data analyse, procesautomatisering), soms in veel mindere mate (opzetten van reparatie- of refurbishmentlijnen). Soms werden de innovaties bewust ontwikkeld en/of neergezet als bijdragen aan een duurzame bedrijfsvoering, in veel meer gevallen was dat niet het geval.

Dit zijn inspirerende observaties en roept om verbreding van de bevindingen. Wat echter ontbreekt bij de beschouwing van deze circulaire innovaties is een analyse van de daadwerkelijke duurzaamheidsimpact (of impact op gebruik van grondstoffen). Toch is dit het uitgangspunt van het CE-beleid. Verdere opschaling en programmering vereist daarom inzicht in de voorwaarden waaronder een netto positief milieu-rendement is te behalen. De beschikbare literatuur is daar niet eenduidig over, en wijst ook op mogelijk nadelige consequenties van circulaire business-modellen. In paragraaf 1.6 komen we daar op terug.

Het grote aantal cases waarbij recente of op stapel staande innovaties een rol spelen bood een uitstekende gelegenheid om voor een aantal specifieke ‘circulaire’ cases die duurzaamheidsimpact te kwantificeren. Dat is het hoofddoel van dit rapport. Die cases zullen verder in hoofdstuk 3 worden uitgewerkt.

1.6 Circulaire perspectieven: milieu-rendement of niet?

Circulariteit staat deels in het teken van het behalen van duurzaamheidsimpact, bijvoorbeeld door het verminderen van materiaalgebruik en het mede daardoor verlagen van broeikasgas-emissies die gepaard gaan met de productie van materialen en goederen. In eerste aanleg wordt die verminderde impact bereikt door de circulaire perspectieven die besproken zijn in paragraaf 1.2: minder gebruiken, intensiever gebruiken of langer gebruiken van materialen, componenten en producten. Gemakshalve wordt regelmatig over het hoofd gezien dat het niet vanzelfsprekend is dat een op het eerste oog aansprekende circulaire innovatie ook op systeemniveau een nettobijdrage heeft. We zullen hier een aantal voorbeelden daarvan geven.

Rebound-effecten (ook wel: Jevons'paradox) ontstaan indien als gevolg van kostenreducties of procesverbeteringen van goederen of diensten, de in eerste instantie bereikte duurzaamheidsimpact (deels) teniet wordt gedaan door additionele uitgaven. In macro-economische evenwichtsmodellen wordt hier impliciet rekening mee gehouden, omdat de bestedingen van consumenten constant zijn en besparingen ingezet worden voor uitgaven aan andere diensten of goederen, die zelf ook een zekere duurzaamheidsimpact hebben. Dit zorgt in het algemeen voor een reductie van de duurzaamheidsimpact.

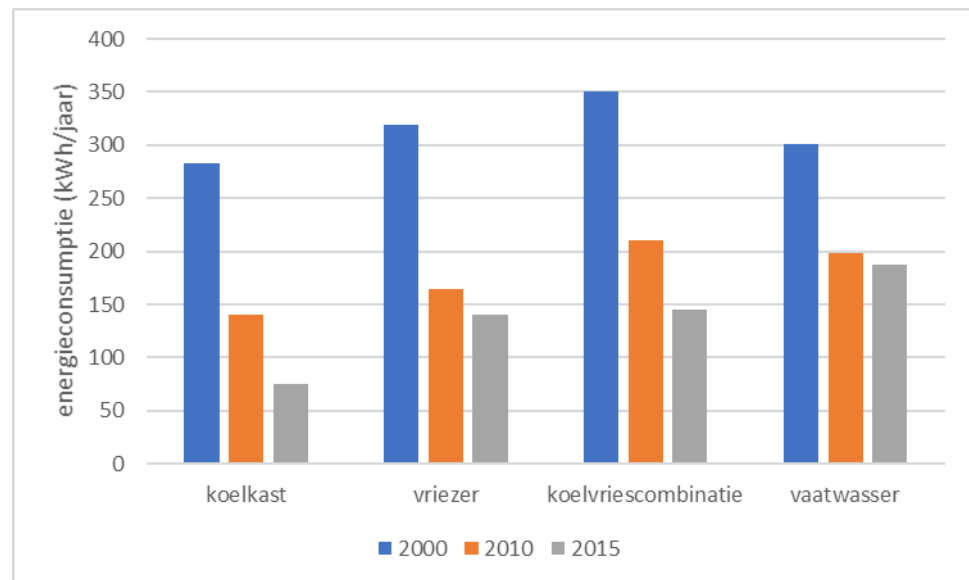
Een meer procesgebonden rebound-effect zit in de onmiddellijke gevolgen van procesverbeteringen die het gevolg van circulaire handelingen kunnen zijn. Procesverbeteringen en intensiever onderhoud aan procesapparatuur door de OEM (Original Equipment Manufacturer) zorgt er voor dat productie bij de klant goedkoper of meer voorspelbaar verloopt. Dus eventuele levensduurverlenging of minder consumables vragende processen kunnen zorgen voor toenemende productie downstream.

In de analyses die we in dit rapport bespreken zullen we dergelijke rebound-effecten niet meenemen, maar het is een aandachtspunt voor toekomstig werk op dit vlak.

1.6.1 *Refurbishment van energie-consumerende apparatuur*

Eén van de strategieën om aan waardebehoud te werken is hergebruik en/of refurbishment van oudere apparatuur. Door deze activiteiten blijft de waarde behouden van de materialen in deze apparatuur, maar dit voordeel kan teniet gedaan worden indien voortschrijdende technologie-ontwikkeling ertoe bijdraagt dat de energie-consumptie van deze apparatuur in de loop van de tijd afneemt. Dat dit het geval is bij huishoudelijke apparatuur blijkt uit onderzoek uitgevoerd in opdracht van het HIER Klimaatbureau⁶ (Figuur 2). Ecodesign-richtlijnen hebben in de afgelopen 20 jaar voor een stevige reductie van energiegebruik geleid. Uit gedegen milieu-analyse zal moeten blijken bij welke afname van energiegebruik het qua duurzaamheidsimpact niet meer lonend is om oudere apparatuur langer in te zetten of te refurbishen.

Daar waar dergelijke vraagstukken langs komen in de analyses in dit rapport zullen we aangeven in hoeverre en welke aannames we moeten doen over het verloop van energiegebruik door de jaren heen.



Figuur 2 Ontwikkeling van energieverbruik van huishoudelijke apparatuur

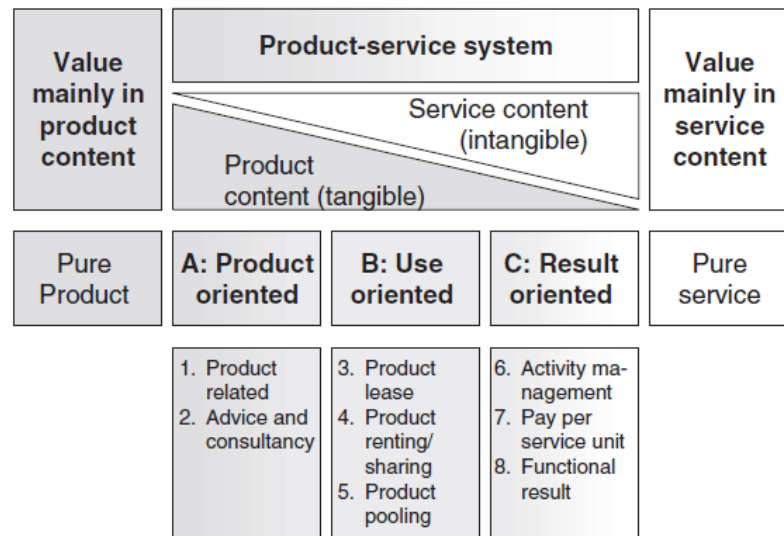
1.6.2 *Onduidelijke effecten van product-service-systems zoals products-as-a-service en 'asset sharing'*

Verdienstelijking of 'servitization' gekenmerkt door de introductie van een Product-Service-System (PSS) is een regelmatig terugkerend thema als het gaat om de transitie naar een meer circulaire economie en de daarmee verbonden geachte milieuvoordelen. Een PSS wordt gedefinieerd als het integrale systeem dat het mogelijk maakt een 'product-service' te produceren. Een Product-service is een waardepropositie die bestaat uit een mix van tastbare producten en niet-tastbare diensten die zodanig ontworpen en gecombineerd zijn dat ze gezamenlijk in staat zijn klantwensen te bevredigen⁷.

⁶ Een vernieuwde analyse over huishoudelijke apparaten, Shift Innovatie in opdracht van HIER klimaatbureau,

⁷ NBfOE p. 312

Een zeer veel geciteerd schema dat de breedte van deze PSS laat zien is als volgt⁸:



Figuur 3 Verschillende Products Service Systems (PSS)

Dit schema geeft tussen het gewoon verkopen van een product en het gewoon leveren van een dienst drie types van product-service-systemen die alle een eigen karakteristiek hebben: product-georiënteerd, gebruiksgewijze georiënteerd en resultaat-georiënteerd.

Product-georiënteerde businessmodellen verbinden additionele dienstverlening aan het verkopen van een product. Dit kan een onderhoudscontract zijn, een levering van gebruiksgoederen of zelfs een take-back-overeenkomst aan het einde van de gebruiksduur.

De product-georiënteerde PSS dragen bij aan een verlenging van levensduur door in te zetten op beter onderhoud. Dit is één van de kernthema's uit de verkenningen verricht bij bedrijven uit de maakindustrie gevestigd in Gelderland en Noord-Brabant hebben dit beeld bevestigd.

Gebruiksgewijze georiënteerde businessmodellen omvatten lease, huur, deelplatforms en intensiever gebruik door 'pooling' (zoals carpooling). Lease levert op basis van een fee een ongelimiteerd en individueel gebruik op, terwijl bij huur of deelplatforms het product in eigendom blijft van de 'provider' (dit hoeft niet de producent te zijn), bij wie ook de verantwoordelijkheid voor onderhoud en reparatie blijft. In dit geval heeft de klant ook geen ongelimiteerde en instantane toegang tot (de functie van) het product. In dit geval kan een incentive uitgaan voor de producent om onderhoud te optimaliseren en eventueel (indien dat tot de mogelijkheden behoort) ontwerpveranderingen toe te passen. Voor Gebruikers is de bewuste keuze en de moeite die ervoor gedaan moet worden een drempel voor gebruik en dus een mogelijke bijdrage aan vermindering van duurzaamheidsimpact. Aan de andere kant kunnen lease-modellen ook zorgen voor een minder zorgvuldig gebruik van de goederen, vanwege het ontbreken van het eigendomsgevoel.

⁸ Dit schema en de achterliggende argumentatie is gepubliceerd in "EIGHT TYPES OF PRODUCT-SERVICE SYSTEM: EIGHT WAYS TO SUSTAINABILITY? EXPERIENCES FROM SUSPRONET", Arnold Tukker, Bus. Strat. Env. 13, 246-260 (2004)

Resultaatgeoriënteerde businessmodellen omvatten o.a. het outsourcen van activiteiten (activity management), waarbij de wijze waarop de service wordt verleend niet sterk veranderd t.o.v. de bestaande wijze. Pay-per-service -modellen gaan uit van het betalen per geleverde dienst, zoals gebruikelijk is bij professionele copiers. De leverancier is verantwoordelijk voor alle bijkomende kosten en materialen, terwijl de gebruiker nog wel verantwoordelijk is voor het uitvoeren van de dienst. Het is niet noodzakelijk dat de eventuele producten die nodig zijn om de dienst te leveren radicaal zijn veranderd, alhoewel er vanzelfsprekend wel een incentive bij de leverancier is om de operationele kosten en de eventuele end-of-life-opbrengsten te optimaliseren.

De meest radicale vorm van PSS bestaat uit het leveren van een functioneel resultaat waarbij de middelen niet meer ter discussie staan en waarbij de leverancier ook zelf die functie verricht.

In elk van deze gevallen blijven de assets op de balans van de producent of tussenhandel en kan dus eenvoudiger gebruik worden gemaakt van de in een product vervatte componenten en materialen, bijvoorbeeld t.b.v. een hergebruik in nieuwe of 'refurbished' tweedehands-goederen. Naast een grotere leveringsonafhankelijkheid kan een dergelijk model ook leiden tot grotere inkomsten op termijn of een nauwere betrokkenheid van klant bij producent.

De duurzaamheidsimpact van deze PSS is niet eenvoudig te duiden en niet per se eenduidig positief. In elk van de PSS zijn elementen aan te wijzen die zullen kunnen leiden tot een lagere duurzaamheidsimpact, maar het is te makkelijk om een PSS of een specifieke vorm zoals een as-a-service-model de facto als duurzaam te benoemen.

Tabel 1 Duurzaamheidsimpacts van products-service-systems

PSS-type	Mogelijke positieve aspecten t.b.v. duurzaamheidsimpact	Mogelijke 'negatieve' aspecten t.b.v. duurzaamheidsimpact
Product-related service	Beter en regelmatig onderhoud draagt bij aan: <ul style="list-style-type: none"> - Verbeterde levensduur - (eventueel) verminderd verbruik van energie Mogelijk retourname (indien afgesproken met klant op basis van bijvoorbeeld statiegeld) na gebruik leidt tot betere recycling	Gebruiker kan ook eigen initiatief ondernemen m.b.t. levensduur en gebruiks-efficiency
Lease	<ul style="list-style-type: none"> - Leverancier heeft belang bij onderhoud en controles t.b.v. lage TCO en restopbrengsten. Dit kan leiden tot langere levensduur en efficiënter grondstofgebruik. - Eventueel is daarom product herontworpen. 	<ul style="list-style-type: none"> - Consumentengedrag verandert niet noodzakelijkerwijs. Zeker als gebruik van consumables niet begrepen is bij leasevergoeding. - Misbruik is voorstelbaar vanwege het niet in eigendom hebben van geleased goed. - In veel gevallen is lease-maatschappij niet verantwoordelijk voor en betrokken bij design.
Huur en delen	<ul style="list-style-type: none"> - Product wordt intensiever benut tijdens levensduur, hetgeen vooral bijdraagt 	<ul style="list-style-type: none"> - Drempel voor gebruik van product kan lager worden vanwege lage huurtarieven t.o.v.

	<p>als duurzaamheidsimpact vooral zit in productiefase.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Leverancier heeft baat bij regelmatig onderhoud om levensduur te verlengen. - Kosten van huur zijn zichtbaar en er moet moeite worden gedaan. Dit draagt bij aan hogere drempel voor gebruik. - Er kan sneller worden ingezet op vervanging door nieuwer product met hogere efficiency. - Retour aan einde levensduur is georganiseerd. 	<p>koop. Dit is vooral nadelig bij producten met hoge impact tijdens gebruik.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Effect is gering als de duurzaamheidsimpact vooral door de gebruiksfase wordt bepaald.
Pay-per-use; product-als-dienst	<ul style="list-style-type: none"> - Producent heeft sterke incentive TCO als leidraad bij ontwerp te nemen, wat zou kunnen leiden tot langere levensduur en hogere efficiency. - Producent heeft blijvende betrokkenheid en kan daardoor actief gebruikers stimuleren minder gebruik te maken van product indien er een directe feedback bestaat tussen gebruik en kosten. - Retour aan einde levensduur is georganiseerd. Niet alleen recycling maar ook hergebruik van componenten kan overwogen worden. 	<ul style="list-style-type: none"> - Re-design is niet per se noodzakelijk. - Als de gebruiker de directe feedback op kosten niet krijgt (zie professionele printers) is het effect gering.
Functioneel resultaat	Leverancier zal meest kosten-effectieve wijze zoeken om gecontracteerde resultaten te leveren.	

Tukker constateert in zijn publicatie dat milieuvordelen niet eenduidig zijn aan te geven. Ook hier geldt dat in de case-studies die in dit rapport de revue passeren de nadruk ligt op de producent en de impact die daar wordt gerealiseerd en niet bij de eventuele aanpassingen van het gedrag bij de klant.

1.7 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een kort overzicht gegeven van de ervaringen op basis van interviews in de vier eerder genoemde provincies.

Hoofdstuk 3 verschaft inzicht in de duurzaamheidsimpact van circulaire praktijken en innovaties bij 13 ondernemingen.

In hoofdstuk 4 worden conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan hoe dit materiaal mee te nemen in toekomstige ontwikkelingen rond een smart en circulaire maakindustrie.

2 Circulaire activiteiten in de maakindustrie: een overzicht van observaties in Gelderland, Noord-Brabant, Overijssel en Zuid-Holland en selectie van cases

2.1 Ervaringen uit de Zuid-Hollandse, Gelderse, Noord-Brabantse en Overijsselse maakindustrie.

In 2018, 2019 en 2020 zijn in totaal ongeveer 70 Zuid-Hollandse, Gelderse, Overijsselse en Noord-Brabantse maakbedrijven geïnterviewd. Centraal daarin stond de rol van (vaak ICT-gerelateerde) innovatie in de bedrijven en het verband dat gelegd kon worden met circulaire handelingsperspectieven. Een overzicht van al deze interviews is gegeven in Bijlage 1.

Mede vanwege de aard van de bedrijven (grotendeels actief in de productie van kapitaalsintensieve goederen), bleek dat veel bedrijven nu al 'circulair' handelen en daarmee ook komen tot efficiënter materiaalgebruik en circulariteit bij klanten stimuleren. Innovaties op het gebied van ICT (inzet van op afstand uitleesbare sensoren en 3D metaalprinting) spelen in veel gevallen een grote rol. De volgende activiteiten werden bij tal van bedrijven ondernomen:

1. efficiënter gebruik maken van grondstoffen door productiebedrijven (door efficiënter produceren, nieuwe productiemethodes zoals 3D printing en Metal Injection Moulding, gebruik van productie-afval, inzetten op recycling);
2. levensduurverlenging van componenten en producten (door refurbishment, remanufacturing, door predictive maintenance op basis van sensor-informatie, upgrading op afstand)
3. asset sharing: intensiever gebruik maken van productie-apparatuur door niet zelf machines aan te schaffen, maar capaciteit te delen;
4. controle houden over goederen door het eigendom te behouden (en dus ook de retourstromen te controleren) en hoofdzakelijk de diensten die de producten leveren aan te bieden.

2.2 De plek in de waardeketen van geïnterviewde bedrijven

In deze verkenning zoeken we naar circulair handelen in de smart industry. Daarbij is de plek van een bedrijf in de waardeketen mede bepalend voor de ambities en mogelijkheden. Zo zal een transitie naar een ander (mogelijk op dienstverlening gebaseerd) businessmodel of een op hergebruik gericht ontwerp alleen mogelijk zijn bij OEMs (Original Equipment Manufacturers). OEM's bepalen immers welk eindproduct uiteindelijk in de markt gezet wordt en met welk businessmodel⁹. Producenten van halffabricaten (bewerkte materialen of componenten) zullen zelf in kunnen zetten op materiaal-efficiëntie of het hergebruik van productiescrap. Verder kan deze groep bedrijven een intensievere relatie met een OEM onderhouden dan slechts het aanleveren van door de OEM gespecificeerde materialen of componenten. Door eerder betrokken te zijn bij design-overwegingen kan kennis worden ingebracht over voor circulariteit relevante aspecten als materiaalkeuze en

⁹ Een OEM als BMW kan besluiten zijn auto's in de toekomst niet te gaan verkopen maar via lease in de markt te zetten. Voor een toeleverancier die bv remsystemen maakt voor BMW is zo'n beslissing niet aan de orde.

de aard van verbindingstechnologieën. Daarnaast is intensief contact tussen toeleverancier en OEM natuurlijk van belang als reserve-onderdelen gedurende een lange(re) tijd onderdeel zijn van het businessmodel van de OEM. Als we de geïnterviewde bedrijven moeten indelen op deze wijze dan ontstaat het volgende beeld:

Tabel 2 Aard van geïnterviewde bedrijven in het kader van CESI

Type bedrijf	#
Componentproducenten	16
Producenten (OEM)	33
Systemen	2
Materiaalproducenten	2
Integratoren	4
Projectproducenten	3
Serviceproviders	2
Overig	2

2.3 Efficiënter gebruik maken van grondstoffen

De basis van het efficiënter omgaan met grondstoffen begint bij het minder inzetten van grondstoffen en het tegengaan van verspilling bij het eigen productieproces of bij de inzet van materialen bij klanten. Bij de geïnterviewde bedrijven zien we tal van innovaties die leiden tot een betere inzet van grondstoffen:

- het verminderen van materiaalgebruik m.b.v. nieuwe productietechnologie zoals additive manufacturing of Metal Injection Moulding
- innovaties die leiden tot minder materiaalinzet bij klanten en partners;
- het inzetten op recycling.

2.3.1 Additive Manufacturing – 3D metaalprinting

Additive manufacturing (waaronder 3D printing) biedt radicaal andere mogelijkheden om componenten en producten te ontwerpen, waarbij centraal staat dat een aanzienlijke reductie van materiaalgebruik het gevolg kan zijn, onder gelijkblijvende constructieve en functionele eigenschappen.

Hier zijn verschillende vormen van waaronder 3D metaalprinting op apparatuur van **Additive Industries** bij o.a. **Kaak** uit Terborg.

Een andere vorm betreft wire arc additive manufacturing (WAAM), dat in Nederland vooral op de kaart is gezet door de in de RDM Makerspace opgezette pilot RAMLAB. De pilot was voornamelijk gericht op applicaties in de maritieme industrie en bedrijven als **Huisman** (leverancier van kranen, boorinstallaties, pijplegsystemen, lieren, scheepsontwerpen en partner voor speciale projecten m.n. voor de offshore-industrie) als gebruiker en **Valk Welding** (de leverancier van de lasrobots) zijn hierbij betrokken.

2.3.2 Metal injection moulding

Bij dit proces worden een mengsel van kunststof en metaal via een spuitgietproces in mallen gebracht. Na vorming wordt de kunststof verwijderd en het overblijvende werkstuk via sintering verdicht. Het is een proces dat als complementair aan 3D printen kan worden beschouwd: het kan worden ingezet voor grotere productievolumes. Aan de andere kant is vanwege de optredende krimp tot 15%)

na sintering het een uitdaging om eindtoleranties te behalen. De bij ovens vrijkomende warmte wordt ingezet bij ruimteverwarming. Daarbij worden de vrijkomende organische restmaterialen weer opnieuw ingezet.

2.4 Levensduurverlenging van componenten en producten door ('predictive') onderhoud en reparatie

Voor elke leverancier van kapitaalgoederen is het essentieel om hoogkwalitatieve onderhouds-, storings- en reparatiediensten te kunnen bieden: afnemers rekenen op een zo hoog mogelijke 'up-time' van de productiesystemen die zijn geleverd en willen gevrijwaard zijn van onverwachte productie-storingen. Daarom maakt vrijwel elke website van de onderzochte bedrijven (en natuurlijk zeker de OEM'ers) tijdens deze verkenning bezochte bedrijven melding van deze inzet op onderhoud.

Tegelijk draagt dit intensieve onderhoud naar alle waarschijnlijkheid ook bij aan een langere levensduur van die kapitaalgoederen en daarmee aan waardebehoud van goederen en een lagere inzet van materialen en duurzaamheidsimpact.

Een bijzondere rol is daarbij in een aantal gevallen weggelegd voor sensoren, die op afstand uitleesbaar zijn. Op sensoren gebaseerd preventief en voorspelbaar onderhoud levert immers -naast tevredener klanten- ook een reductie op van de hoeveelheid op voorraad liggende reserve-onderdelen en van het aantal ineffectieve bezoeken van onderhoudsploegen. Daarnaast kan die sensorinput ook weer leiden tot verbeterd design, bijvoorbeeld door meer kennis over faalmechanismes.

2.5 Refurbishment en remanufacturing

Refurbishment en remanufacturing zijn nauw verwante en relevante activiteiten in het kader van een circulaire economie. Refurbishment staat voor de renovatie van bestaande apparatuur met nieuwe of reeds bestaande componenten. Remanufacturing staat voor het opnieuw in de markt zetten van een reeds eerder gebruikt product naar de specificaties van het oorspronkelijk product, gebruikmakend van tweedehands-, gerepareerde of nieuwe onderdelen. Verschillende bedrijven in deze verkenning hanteren deze activiteiten als (deel van) hun businessmodel.

2.6 Nieuwe businessmodellen: Diensten leveren in plaats van producten

De introductie van sensoren en daarmee de mogelijkheid op afstand prestaties uit te lezen leidt voor enkele van de bedrijven in deze verkenning nu al tot businessmodellen waarbij de assets in eigendom blijven en de 'service' gecontracteerd wordt (products-as-a-service), terwijl enkele andere in de fase zitten de mogelijkheden en voordelen daarvan te verkennen. Mogelijk kan zo'n businessmodel aanzetten tot een andere design-filosofie, eenvoudigere retourlogistiek, intensiever onderhoud en daarmee een langere levensduur. En daarmee tot hoogwaardiger waardebehoud van assets.

3 Case studies: impact van circulaire innovaties

3.1 Overzicht van de cases

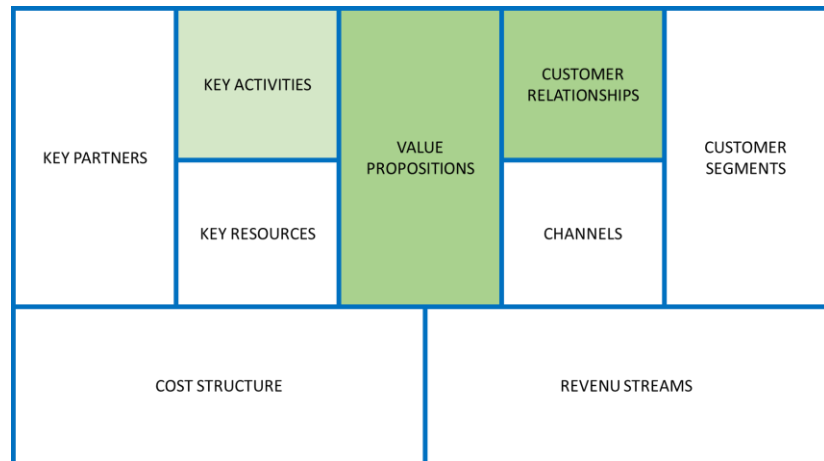
Uit de verschillende circulaire innovaties die in hoofdstuk 2 de revue zijn gepasseerd zijn 13 cases geselecteerd, waar een analyse van de impact van circulaire innovaties is verricht. Daarbij zijn verschillende types innovaties meegenomen. Tabel 3 geeft dit overzicht.

Tabel 3 Overzicht case-studies

Type innovatie	Bedrijf	Activiteit/case
Efficiënt grondstofgebruik	Kaak	3 D printing
	Demcon	Metal Injection Moulding
Remanufacturing en refurbishment	Malvern Panalytical	Röntgenbronnen
	SNEW	Telefoons, servers e.a.
	SEW-Eurodrive	Aandrijfmotoren
Smart Maintenance	REMEHA	CV-ketels
	Van Raam	Accu's in e-bikes
Servitization	HTC Speedgates	Speedgate-as-a-service
	VConsynt	Ondergrondse afvalcontainers
	Vanderlande	Bagage-afhandeling
	PRIVA	Klimaatbeheersing
	Alkondor Hengelo	Gevel-as-a-service
	Aebi Schmidt	Wegbeheer-as-a-service

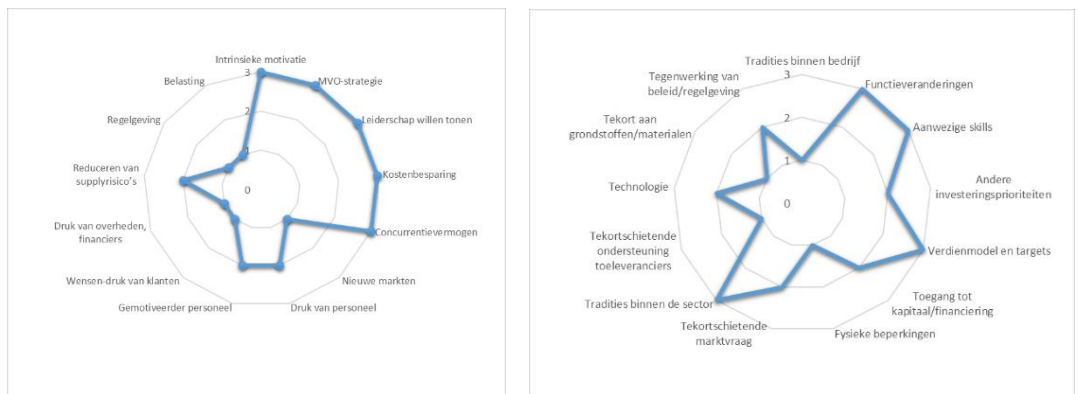
Voor elk van deze case studies zullen naast een korte introductie van het bedrijf en de geselecteerde case, de volgende aspecten belicht worden:

- i) Een kwalitatief inzicht in de impact van deze innovatie op de bedrijfsvoering weergegeven via de systematiek van het businessmodel canvas (BMC). Het businessmodel canvas beschrijft elk van de capaciteiten die bijdragen aan de manier waarop een bedrijf waarde creëert en levert aan zijn klanten met het doel winstgevende en duurzame inkomstenstromen te genereren. Zonder in detail het businessmodel van elk van de bedrijven en cases te willen beschrijven willen we de BMC-systematiek gebruiken om aan te geven op welke functies, competenties en relaties de bewuste innovatie (het meeste) impact had. Het Businessmodelcanvas (BMC) wordt nader geïntroduceerd in Bijlage 2. Een voorbeeld van een dergelijk ingevuld BMC staat in Figuur 4.



Figuur 4 Vereenvoudigde weergave van Osterwalder's BusinessModel Canvas (blanco: geen impact, lichtgroen: kleine impact; donkergroen: grote impact)

- ii) Een overzicht van barrières die de bedrijven ondervonden bij implementatie of opzet van de innovatie en de drijfveren die ze inzetten om door te pakken, gebaseerd op de input die de bedrijven zelf gaven aan de hand van aan hun voorgelegde set drijfveren en barrières. Daarbij wordt nadrukkelijk een onderscheid gemaakt tussen meer intern gerichte en meer extern veroorzaakte barrières en drijfveren. Een toelichting op de verschillende drijfveren en barrières is gegeven in Bijlage 3. De reacties van elk van de bedrijven worden weergegeven in 'spider'-diagrammen (Figuur 5).



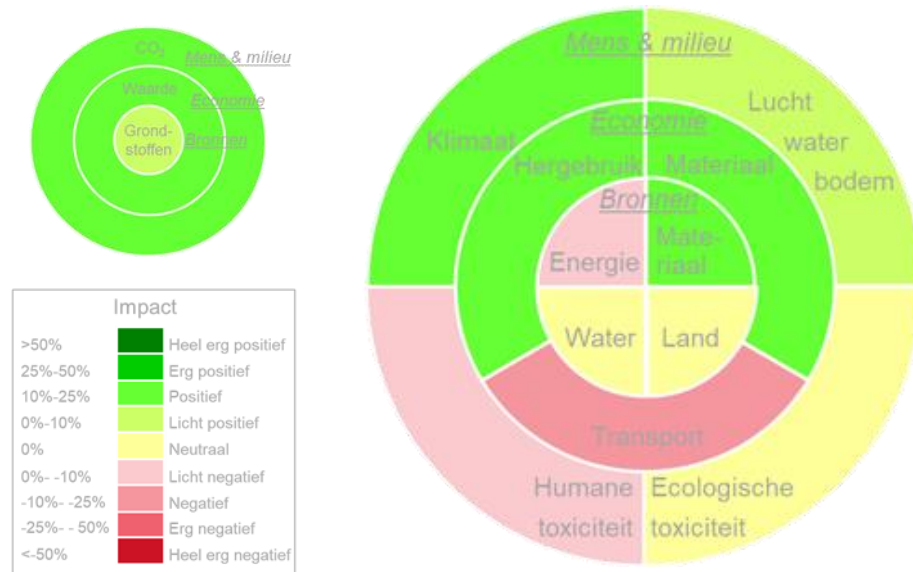
Figuur 5 Weergave van door bedrijven aangegeven drijfveren en barrières voor innovaties

De duurzaamheidsimpact van deze case studies wordt berekend met een vereenvoudigde LCA methodiek die vaak "screening" wordt genoemd. Dat betekent dat alleen levensfasen waarin verschillen tussen de baseline en de case worden geïdentificeerd en meegenomen in het model. Het gaat dus om een vergelijkende LCA-analyse. Hierin worden milieu en gezondheid, waardebehoud van product en materiaal en grondstofuitputting beoordeeld. De case study en de baseline werden in gesprek met de betreffende bedrijven gedefinieerd om te verzekeren dat het om echt vergelijkbare scenario's gaat. Dat

betekent dat elke LCA heel specifiek voor één case van één bedrijf is. De resultaten van deze analyse worden gerapporteerd in de vorm van de diagrammen uit

- iii) Figuur 6. De resultaten worden gepresenteerd in een roos met drie ringen met indicatoren, respectievelijk van buiten naar binnen over Mens en milieu, Economie en Bronnen (diagram rechts). Een vereenvoudigde roos geeft het resultaat op de drie ringen aan de hand van CO₂ en de gemiddelde scores van indicatoren (diagram linksboven).

Een uitgebreide beschrijving van deze methodiek is te vinden in Bijlage 4.



Figuur 6 Diagrammen waarmee duurzaamheidsimpact wordt aangegeven (links in detail per indicator, rechts per thema)

3.2 Efficiënt grondstofgebruik

3.2.1 3D metaalprinting bij Kaak

Waar 3DPrinten in kunststoffen al geruime tijd zijn intrede heeft gedaan, is ook het metaalprinten in toenemende mate een industrieel proces aan het worden. In dit proces speelt **De Kaak Groep** uit Terborg (wereldspeler op het gebied van industriële bakkerijtechnologie) een belangrijke rol.

Kaak kwam enkele jaren geleden in contact met het Eindhovense AddLab (nu omgebouwd tot Additive Industries) en stapte al snel in op de mogelijkheden die AddLab bood. Kaak was het eerste bedrijf waar in 2016 een productie-unit van Additive Industries werd geplaatst.

De aanleiding voor belangstelling in 3D-printen lag in de enorme hoeveelheid spare parts die Kaak van over de hele wereld haalt en de daarmee verbonden lange levertijden. De mogelijkheden voor 3D Printen waren al onderdeel van de roadmap van Kaak toen de mogelijkheden rond Additive Industries zich voordeden.

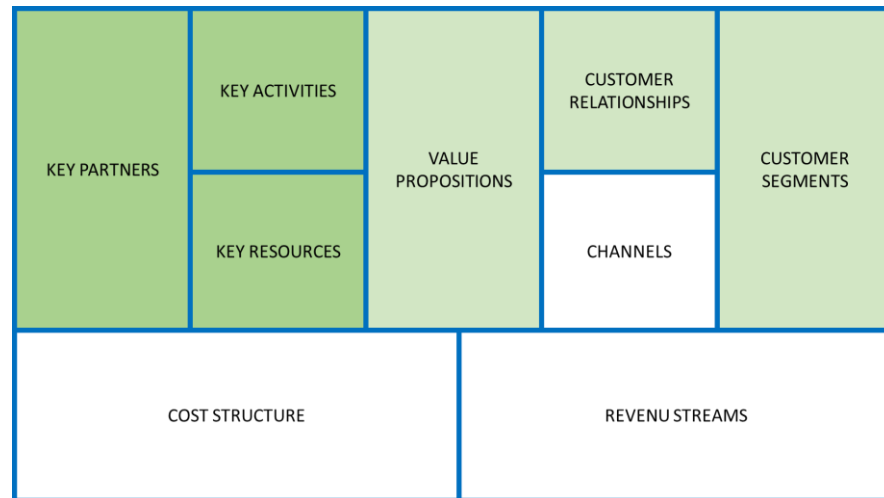
Op dit moment is voor Kaak 3D printing uit de experimenteerfase. De 3D printer kan tot 600 kleine componenten tegelijk maken. Het gaat daarbij echt niet alleen maar om single pieces en zeer complexe constructies, maar ook om relatief simpele componenten als steuntjes voor luchtcilinders en stempels voor bakblikken. Door nu anders te kunnen ontwerpen levert de 3D printer naar eigen zeggen tot 50% vermindering van materiaalinzet op. En natuurlijk ook tot een reductie van afvalstromen. Verrassend is ook dat het staal met hetzelfde ontwerp tot 30% sterker is dan plaatstaal. Dit komt omdat plaatstaal wordt gewalst, waardoor het staal brosser wordt.

Daarnaast neemt ook het aantal benodigde werkstations voor productie af (tot op dit moment zelfs van 6 naar 2 werkstations) en het aantal losse onderdelen (op dit moment zelfs van maximaal 5 onderdelen tot 1 3D-printed-object).

De productie voor de grondstof voor het 3D Proces is ook deels in eigen beheer. Kaak streeft ernaar om retourstromen (bijvoorbeeld scrap of retourcomponenten) te creëren t.b.v. poederproductie, omdat daarmee de kwaliteit van het ingangsmateriaal beter beheerst kan worden.

Impact op de bedrijfsvoering

De veranderingen geïntroduceerd door deze nieuwe productietechnologie op de bedrijfsvoering worden als volgt weergegeven.



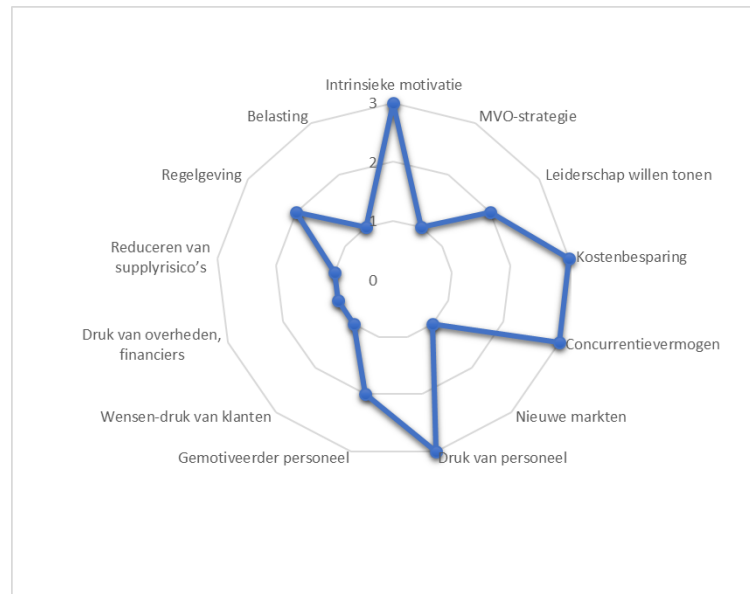
Figuur 7 Gevolgen van 3D printen bij Kaak voor het businessmodel

De introductie van 3D-printen behelst een tamelijk ingrijpende verandering in een deel van het productieproces, waarbij ook wordt ingezet op een separate rol van het 3D printen voor externe partijen. Daarom heeft deze benadering gevolgen voor veel onderdelen van het businessmodel, althans voor dat deel van Kaak dat zich daarmee bezig houdt. De innovatie heeft impact op:

- De relatie met toeleveranciers, en dan met name leveranciers van grondstoffen en vooral een bedrijf als Additive Industries als leverancier van de print-apparatuur; Kaak heeft daar een speciale relatie mee omdat het de eerste applicatie was voor dit bedrijf;
- De 'human resources': nieuw personeel is nodig om met deze nieuwe technologie te ontwerpen en te produceren
- Daarnaast is nieuwe apparatuur nodig en een stevige financiering om de nieuwe dochteronderneming op te zetten;
- De impact op de waardepropositie en de relatie met de (deels bestaande) klanten is niet sterk veranderd; klanten moeten alleen overtuigd worden van de kwaliteiten van geprinte objecten.
- Klantsegmenten zullen veranderen als de printtechnologie voor klanten buiten Kaak gaat worden ingezet. Er worden dan andere klanten bediend dan alleen de interne klant Kaak.

Drijfveren en barrières

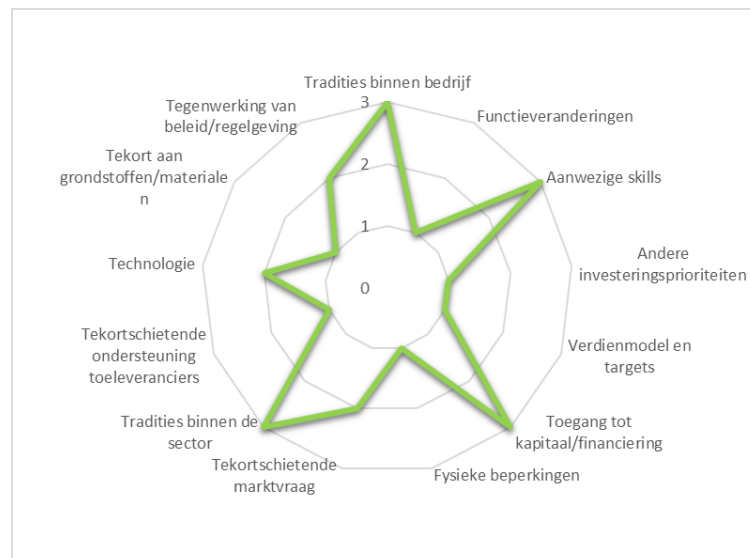
De drijfveren en barrières voor het opstarten van de activiteiten rond 3D printing staan in weergegeven in Figuur 8 en Figuur 9.



Figuur 8 Drijfveren voor innovaties bij Kaak

Een aantal specifieke kanttekeningen bij deze drijfveren zijn:

- Investerings in 3D printen zijn sterk door de directie (in dit familiebedrijf) ondersteund.
- Duurzaamheid of MVO was slechts een bijzaak
- Innovatief zijn is aantrekkelijk voor het aantrekken van nieuwe werknemers; een goed onderbouwd over duurzaamheid is daarnaast aantrekkelijk voor het personeel
- Een nieuwe markt betreden was geen drijfveer, maar het is wel wat er gebeurt is na implementatie
- De bottleneck is het design-proces, niet de te lage leveringszekerheid
- Kaak verwacht op den duur CO₂ heffingen en wil daar met lokaal produceren op voorbereid zijn.



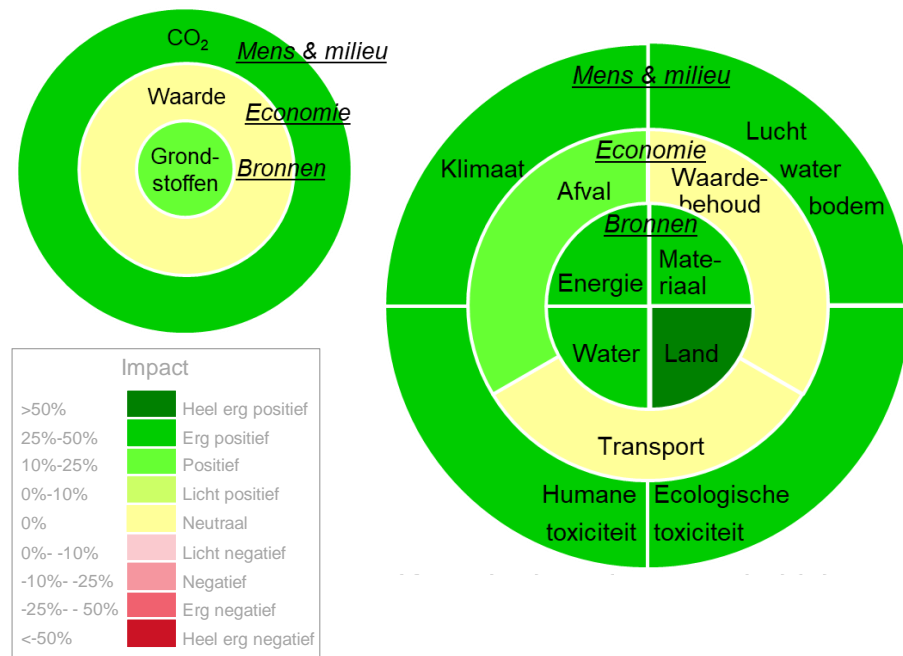
Figuur 9 Barrières bij introductie van innovatie bij Kaak

Over de barrières zijn de volgende opmerkingen te maken:

- De tradities in een maakbedrijf zijn een grote barrière voor een nieuwe maaktechnologie; dit is op te lossen door jonge, nieuwe medewerkers aan te trekken;
- Tradities binnen de sector zijn ook een groot probleem, alleen op te lossen door met klanten het designproces door te maken;
- In Nederland zijn te weinig 'skills' voorhanden; nu is 15% van de medewerkers uit Duitsland afkomstig (NB: Kaak zit in Terborg in de Achterhoek);
- De verdere uitrol wordt beperkt door te weinig toegang tot kapitaal
- De vraag naar 3D-printoplossingen is nu veel te laag. Traditionele maakbedrijven denken dat het nog steeds 'toekomstvisie' is.

Duurzaamheidsimpact

Om de duurzaamheidsimpact van 3D geprinte componenten te vergelijken met de huidige productie is van de productie van een glijlager uitgegaan waarvoor verschillende materialen zijn gebruikt: voor de baseline wordt uitgegaan van 0,500 kg staalplaat uit 100% chroomstaal 18/8 en voor het 3D-printproces van 0,105 kg metaalpoeder (ca. 1/5 van het originele gebruik) ook bestaande uit chroomstaal 18/8. Het productieproces is nagebootst door het energiegebruik van het 3D printproces te modelleren dat lager ligt dan voor de baseline daardoor neemt de footprint af met 3D printen bij Kaak. Dit komt met name door reductie van hoeveelheid benodigde materialen, de bewerkingstappen en de bijhorende infrastructuur. De hoofdaandelen aan de resterende footprint worden veroorzaakt door energiegebruik bij het productieproces en de chroomstaal winning en productie.



Figuur 10 Duurzaamheidsimpact a.g.v 3D metaalprinten bij Kaak

Conclusies en randvoorwaarden m.b.t. duurzaamheidsimpact

3D printen leidt tot de productie van onderdelen die kunnen worden herontworpen om dezelfde prestatie met minder materiaal te bereiken als wanneer onderdelen geproduceerd worden door traditionele productiemethodes.

In dit geval wordt een glijlager gebruikt als voorbeeldcase, waarvoor het materiaalgebruik kon worden verminderd met een factor vijf. Daarnaast wordt er ook minder elektriciteit verbruikt omdat er minder productiestappen nodig zijn om 3D onderdelen te produceren.

Globaal genomen is 3D printen in dit geval heel voordelig met een milieuprestatie die gemiddeld 47% beter is dan de baseline.

Een randvoorwaarde om deze impactverbetering (27%) te realiseren is een ontwerp te maken waarvoor minder materiaal nodig is om een bepaald onderdeel te produceren en ervoor zorgen dat het primaire materiaal dat nodig is voor 3D-printen geen groter duurzaamheidsimpact heeft dan de metaallegering die nodig is voor het baseline-proces. Anders zal de materiaalbesparing veel groter moeten zijn om de extra effecten te compenseren.

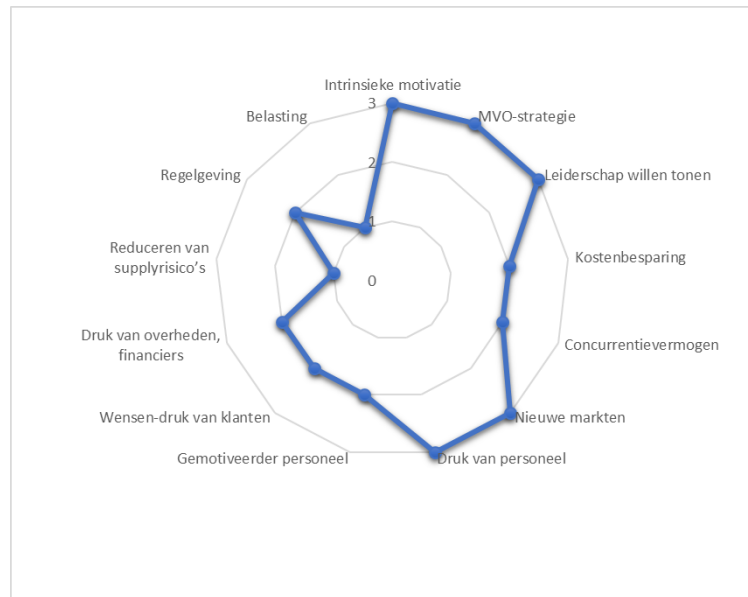
Als het hergebruik van metalen om metaalpoeders te maken tot stand komt zal dit leiden tot een additionele substantiële vermindering van de duurzaamheidsimpact, omdat het metaalpoeder nu verantwoordelijk is voor meer dan de helft van de 3D Metal-printing footprint.

3.2.2 Metal Injection Moulding bij Demcon

Demcon zet in zijn eigen productieproces metal injection moulding (MIM) in. Bij dit proces worden een mengsel van kunststof en metaal via een spuitgietproces in mallen gebracht. Na vorming wordt de kunststof verwijderd en het overblijvende werkstuk via sintering verdicht. Het is een proces dat als complementair aan 3D printen kan worden beschouwd: het kan worden ingezet voor grotere productievolumes. Aan de andere kant is vanwege de optredende krimp tot 15% na sintering het een uitdaging om eindtoleranties te behalen. De bij ovens vrijkomende warmte wordt ingezet bij ruimteverwarming.

Drijfveren en barrières

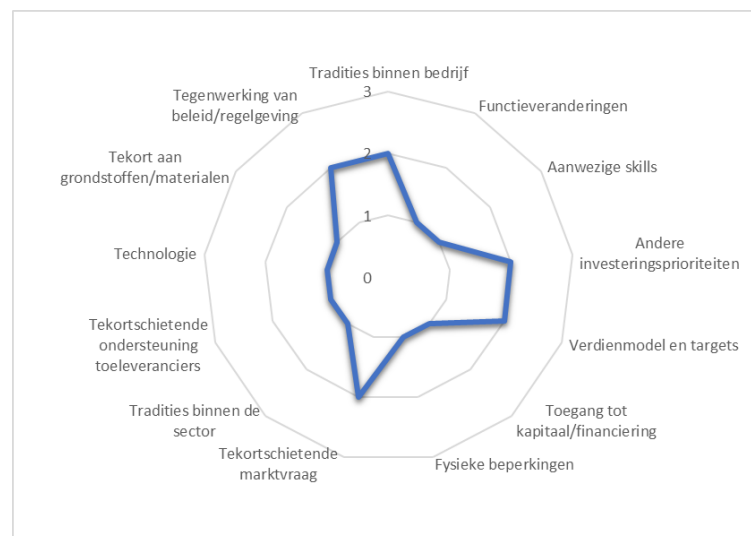
De drijfveren voor de introductie van MIM en de barrières die Demcon daarbij ondervonden heeft staan schematisch weergegeven in Figuur 11 en Figuur 12.



Figuur 11 Drijfveren voor MIM bij Demcon

Demcon geeft aan dat interne drijfveren een sterke rol spelen en dus ook bij de mogelijkheden die MIM biedt bij duurzamer opereren. Zowel de CEO als veel medewerkers hebben een duidelijke drive om iets bij te dragen aan de maatschappij (zingeving). Demcon is maatschappelijk betrokken en levert maatschappelijke bijdragen. Er is een sterk gevoel van “het voortouw nemen”. Zonder dat dit een oogmerk is, zijn zowel potentiële (nieuwe) medewerkers als klanten geïnteresseerd in deze opstelling.

Druk van klanten en aankomende regelgeving is een (geringe) drijfveer geweest: met name inspelen op aankomende regelgeving heeft Demcon aangezet tot innovatie.



Figuur 12 Barrières bij de introductie van MIM bij Demcon

Ondanks de hierboven aangegeven drijfveren, zijn de meeste processen zijn nog sterk gericht vanuit kosten- en risicoperspectief. Het meenemen van de rol van de footprint van een product wordt langzaam geïntroduceerd.

De marktvrage rond duurzamere producten is nog niet groot, maar groeiend en zal wellicht toenemen a.g.v. toenemende regeldruk.

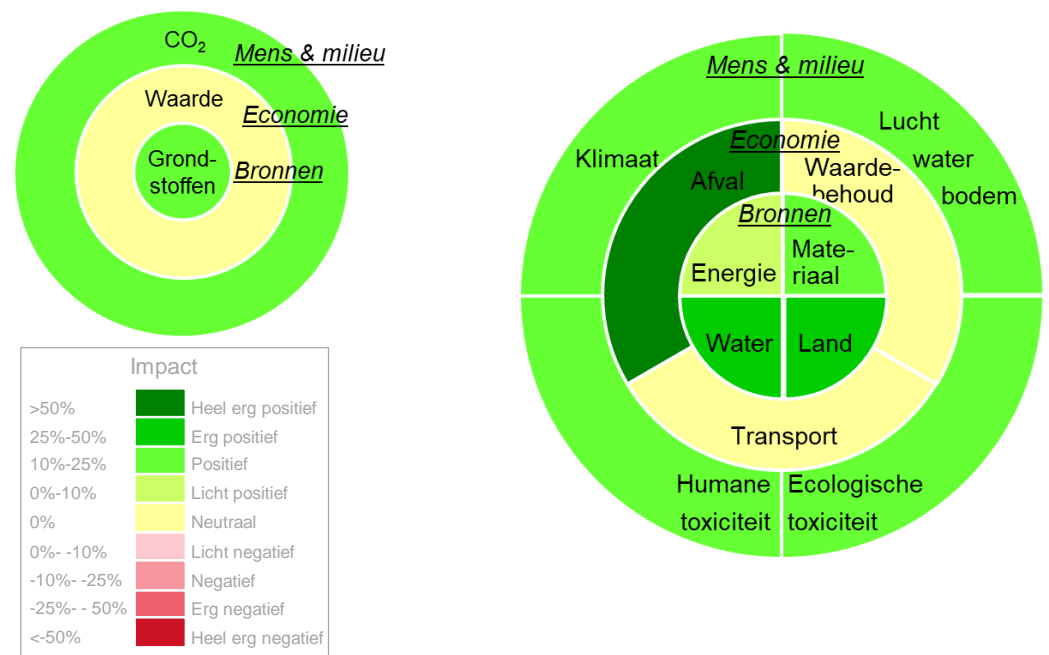
Duurzaamheidsimpact

Voor de Metal Injection Molding case van Demcon wordt uitgegaan van de productie van handboeien met het MIM-proces voor de case study en van een traditioneel productieproces voor de baseline. Met een traditioneel productieproces wordt bedoeld de productie van handboeien met behulp van lasersnijden van een metalen plaat, slijpen, frezen, ponsen en walsen. Daarnaast wordt ook veel gebruik gemaakt van 'die casten': drukgieten met aluminium.

Door het slijpen en frezen wordt aangenomen dat het basisscenario 50% meer materiaal gebruikt dan het MIM-proces, beide scenario's maken gebruik van een chroom-, koper- en nikkel-staallegering.

Omdat er bij het MIM proces minder materiaal in de handboeien zit, liggen de CO₂ emissies 24% lager en het energieverbruik 7% lager dan de baseline, ook al verbruikt het MIM-proces proportioneel meer energie.

Minder materiaal inzet heeft ook een groot gevolg voor het landgebruik: 44% reductie t.o.v. de baseline.



Figuur 13 Duurzaamheidsimpact a.g.v Metal Injection Molding bij Demcon

Conclusies t.a.v. duurzaamheidsimpact en randvoorwaarden

Het MIM productieproces maakt het mogelijk om complexere onderdelen te produceren met minder materiaalinzet.

In deze case study heeft het materiaal een grote invloed op de resultaten van de milieuanalyse. Omdat het MIM proces 50% minder materiaal nodig heeft zijn de milieueffecten van MIM handboeien gemiddeld 22% lager dan het basisscenario, waarvan het landgebruik er bijzonder positief uitkomt met 44% minder impact.

Een conditie om milieuwinst te kunnen behalen is dat metaallegeringen die voor MIM worden gebruikt, geen grotere milieueffecten oorzaken dan degene die voor de baseline worden gebruikt. Het omslagpunt voor deze randvoorwaarde is een legering met 30% meer impact dan de metaallegering gebruikt in het basisscenario.

3.3 Remanufacturing en refurbishment

3.3.1 *Refurbishment van röntgenbronnen bij Malvern Panalytical*

Malvern Panalytical (producent van röntgenbuizen voor medische en analytische toepassingen) heeft een actief beleid op refurbishment van hun röntgen-targets. Al lange tijd bestond de wens dat alle buizen uit het veld aan het einde van de levensduur terug zouden komen, vanwege de milieulasten van de materialen (zoals Be, Pb); maar dat gebeurde lang niet altijd. Dat terugsturen vond altijd vrijwillig plaats en in het kader van 'ontzorgen'. Slechts tussen de 25% en 40% van de buizen werd geretourneerd. Dat aandeel werd al gerecycled, mede omdat de buizen deels goed te demonteren waren; bruikbare onderdelen gingen (R-gemerkt) terug het magazijn in. De loden omhulling met staal is een kostbaar onderdeel en hergebruik is rendabel. De opbrengsten van het hergebruik van onderdelen van de buizen waren niet de enige drijfveer om buizen terug te halen en te recycelen.

Men ging zich realiseren dat er veel kostbare materialen zoals rhodium (het werkpaard voor röntgenfluorescentie) en goud (voor de afvoer van warmte) met een hoog aandeel 'embedded energie' en een hoge milieu-footprint (bepaald via een LCA) in de buizen zat. In MJA-terminen: op een energieverbruik van 20.000 GJ, vertegenwoordigden de retour-materialen 1500 GJ, en 10-15% van inkoopwaarde.

Kostbare materialen werden overigens samen met productiescrap gerecycled; dit betrof ongeveer 20 kg tot 30 kg materiaal in totaal per jaar. Deze analyse leidde tot een beleid om buizen actief terug te halen. Door gericht de service-organisatie te



Figuur 14 Retourgestuurde röntgenbuizen (links in dedicated verpakking) van Malvern Panalytical

betrekken bij het retourneren van de buizen en introductie van herbruikbare retourverpakking steeg het percentage retour naar 90% van de grote buizen. De inzet op refurbishment had impact op het design. Een type Röntgenbuis bijvoorbeeld had aan de achterkant t.b.v. warmtegeleiding een metalen onderdeel dat met soldeer vastzat en niet te demonteren was. Er is vervolgens een nieuw buisontwerp gemaakt met een schroefverbinding. Het is bovendien nu een gezonder en sneller maakproces. Het herontwerp vroeg wel aandacht v.w.b. de

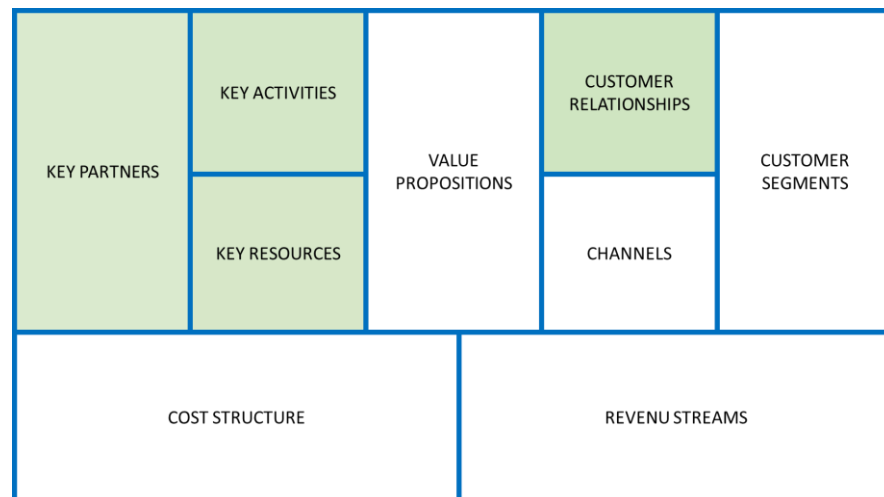
thermisch constructie: verandering moet altijd wel overtuigende argumenten hebben, en geen effect op de uiteindelijke performance..

Impact op de bedrijfsvoering

Deze refurbishment-actie heeft geen heel ingrijpende gevolgen voor het businessmodel van Malvern Panalytical, zoals weergegeven in onderstaand canvas (Figuur 15).

Op zich is de waardepropositie van het bedrijf niet veranderd, noch de wijze waarop inkomsten worden verkregen. De refurbishment-activiteit leidt tot kleine veranderingen in het businessmodel-canvas:

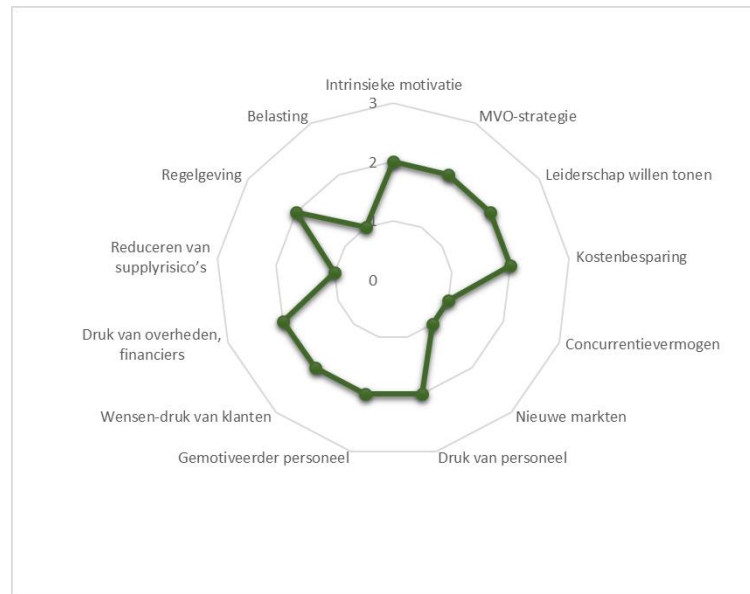
- De klantrelatie: de klant is benaderd met het oog op een betere 'ontzorging' m.b.t. afvoeren van de buizen, die in principe namelijk als chemisch afval zouden moeten worden afgevoerd.
- In een aantal gevallen was een redesign van een (toe te leveren) onderdeel nodig zoals bijvoorbeeld een demonteerbare behuizing zodat de ontmanteling beter zou kunnen verlopen met toch nog een voldoende warmte-afvoer.
- Er is een activiteit opgezet om de ontmanteling op te zetten, waarvoor ook personeel voor is opgeleid en ingezet.



Figuur 15 Gevolgen van refurbishment van röntgenbuizen bij Malvern Panalytical voor het businessmodel.

Drijfveren en barrières

De drijfveren voor Malvern Panalytical om tot refurbishment over te gaan en de daarbij ondervonden barrières zijn weergegeven in Figuur 16 en Figuur 17.



Figuur 16 Drijfveren voor Malvern Panalytical

Met betrekking tot deze drijfveren valt nog het volgende op te merken:

- Het concurrentievermogen van het bedrijf is niet merkbaar verbeterd a.g.v. deze ontwikkelingen
- Personeel kwam zelf met suggesties om de refurbishment op te zetten, vanuit de wetenschap dat dit door het management zou worden ondersteund
- Door regelgeving ondervinden klanten druk om zich op verantwoorde wijze van hun buizen te ontdoen: daardoor is de ontzorging van klanten een goede drijfveer gebleken.
- De activiteit bleek (achteraf) bij te dragen aan de MJA-doelstelling waar het bedrijf zich aan gecommitteerd had.



Figuur 17 Barrières ondervonden door Malvern Panalytical

Het volgende valt op te merken t.a.v. de ondervonden barrières:

- Er is vooral aandacht nodig van bepaalde functies zoals lokale service (wereldwijd) om actief te helpen buizen terug te krijgen en die aandacht moet gestimuleerd worden.
- Er is een tekortschietende technologie rond recycling van lasverbindingen: er zou in principe meer gerecycled kunnen worden als er voor lasverbindingen een goed recycleproces zou zijn. Daar moet echter wel R&D capaciteit en -tijd uitgetrokken worden.

De aannames t.b.v. de analyse van de duurzaamheidsimpact

Malvern Panalytical onderzoekt de mogelijkheid om onderdelen van hun röntgenbuizen te hergebruiken. Sommige onderdelen hebben wel het potentieel om hergebruikt te kunnen worden; De herbruikbare onderdelen bedragen 68% van de totaal massa van de röntgenbuis en bevatten hoogwaardige metaallegeringen en edele metalen zoals goud.

Voor het hergebruik van die onderdelen is het nodig om lasverbindingen te openen, versleten onderdelen te vervangen door nieuwe en vervolgens alles terug te lassen. Daarvoor is lasmateriaal en elektriciteit nodig.

Dus voor deze casus is de baseline een röntgenbuis zonder hergebruikte onderdelen en voor de Panalytical case een röntgenbuis met 68% massa aan hergebruikte onderdelen, elektriciteitsverbruik t.b.v. het lasproces en lasmateriaal. Het is aangenomen dat het energieverbruik dat nodig is om de revisie van de röntgenbuis te doen, hetzelfde is als bij de productie van een nieuwe. Dit is waarschijnlijk een overschatting, maar aangezien het exacte energieverbruik niet bekend is, is een conservatieve benadering gevolgd.

Model en berekeningen worden gedaan op basis van een materiaallijst en gegevens omtrent de cumulatieve energievraag uit een LCA studie verstrekt door Malvern Panalytical.

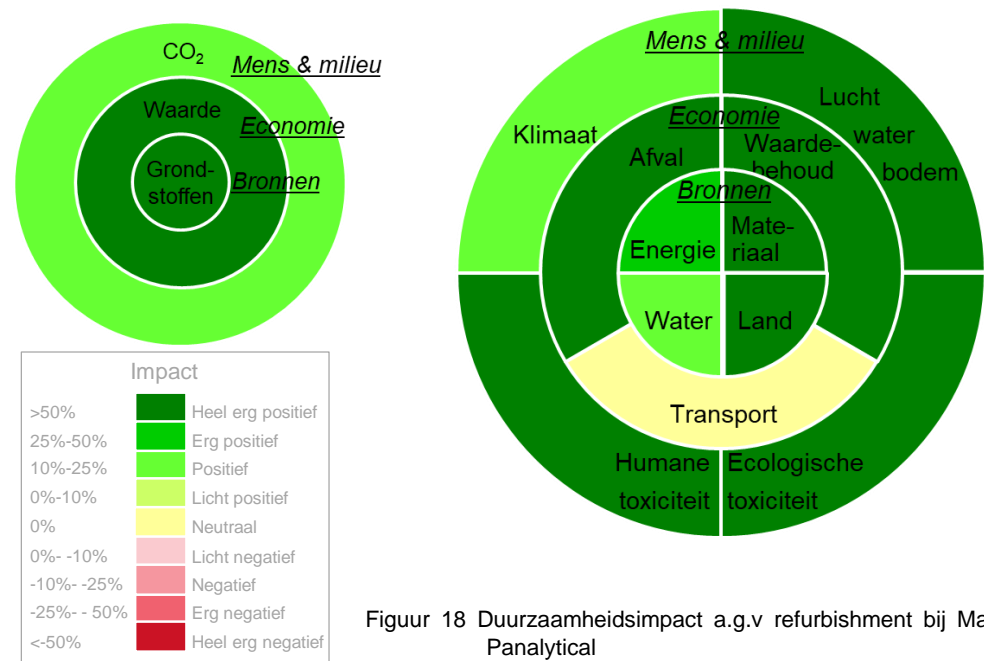
Duurzaamheidsimpacts

Door het hergebruik van de röntgenbuis ontstaat een materiaalbesparing van 6 kg deels bestaand uit hoogwaardige metaallegeringen en goud; dit komt overeen met 68% van het totale gewicht van de röntgenbuis.

Hoewel wordt aangenomen dat er geen energiebesparing is in het productieproces, resulteert hergebruik van onderdelen en materialen in een energiebesparing van 27% stroomopwaarts in de toeleveringsketen.

Aan de materiaalzijde is er een verbetering van de prestaties van de röntgenbuis van 90% wat betreft de winning van minerale bronnen en een reductie van 82% voor landgebruik, 85% voor ecotoxiciteit en 49% wat betreft humane toxiciteit. De CO₂-uitstoot wordt ook verminderd met 23%.

In werkelijkheid worden gemiddeld 80% van alle milieueffecten veroorzaakt door de toepassing van goud in de röntgenbuis. Door het hergebruik van het onderdeel dat goud bevat haalt Malvern Panalytical dus veel milieuwinst bij alle effectcategorieën.



Figuur 18 Duurzaamheidsimpact a.g.v refurbishment bij Malvern Panalytical

Conclusies t.a.v. duurzaamheidsimpact en randvoorwaarden

Er is een grote milieuwinst te halen met het hergebruik van röntgenbuis-onderdelen die edele metalen (zoals in dit geval goud) omdat deze materialen een aanzienlijke hogere duurzaamheidsimpact hebben dan alle andere materialen van dit product. De impact van de energie die wordt gebruikt om onderdelen uit gebruikte röntgenbuizen te halen en een nieuwe röntgenbuis te produceren is verwaarloosbaar in vergelijking met de mogelijke milieuwinst die wordt behaald met de besparing van goud.

3.3.2 Servers en ICT-apparatuur bij SNEW

SNEW is een bedrijf dat afgedankte Telecom en IT-apparatuur van bedrijven inzamelt en zoveel mogelijk geschikt maakt voor hergebruik of laat recyclen. Dit doet SNEW door medewerkers met een afstand tot de arbeidsmarkt aan te trekken, te coachen en op te leiden, zodat zij weer kunnen participeren in de samenleving. Daarnaast wordt voor hergebruik geschikte apparatuur geëxporteerd naar Afrika, om daar in te zetten voor de ontwikkeling van de lokale samenleving.

De case

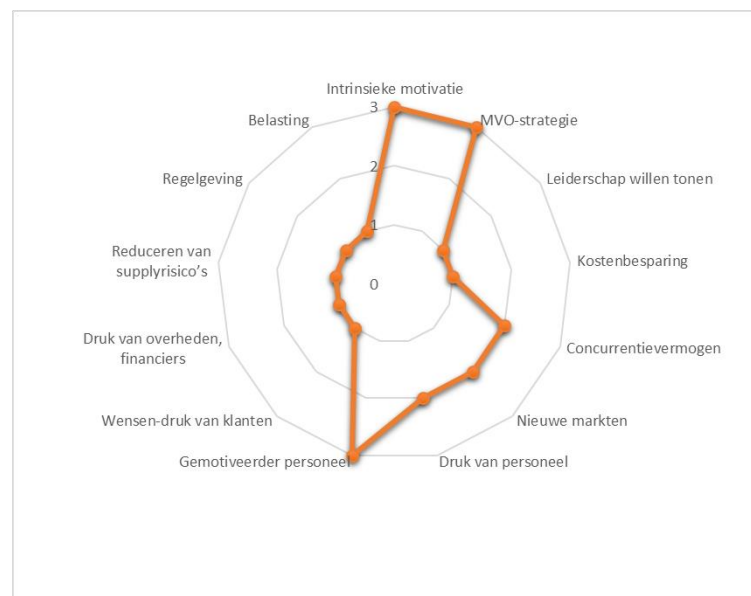
SNEW acquireert bij zakelijke aanbieders om hun afgeschreven Telecom en IT-apparatuur voor hen op een efficiënte, financieel aantrekkelijke en milieuvriendelijke wijze af te voeren. Afhankelijk van het aangeboden product met de functionele en cosmetische eigenschappen wordt een restwaarde bepaald en krijgt de aanbieder een inkoopprijs geboden. Vervolgens worden alle ingekochte producten geregistreerd in het zelfontwikkelde logistieke software systeem en gemonitord op product- en onderdeelniveau. De apparatuur wordt gerepareerd, data verwijderd, software ge-update en functionaliteit getest en opgeslagen totdat een nieuwe zakelijke klant wordt gevonden. Van niet herbruikbare apparatuur worden de bruikbare onderdelen gedemonteerd. Het overige materiaal wordt gerecycled (door partners) om zoveel mogelijk grondstoffen terug te winnen.

Drijfveren en barrières

De drijfveren en barrières voor de activiteiten van SNEW staan weergegeven in Figuur 19 en Figuur 20.

Met betrekking tot de drijfveren van deze onderneming valt het volgende op te merken:

- De directie van SNEW is sterk intrinsiek gemotiveerd en zien MVO als strategisch aspect van de onderneming
- Personeel motiveren staat centraal bij SNEW: mensen met afstand tot de arbeidsmarkt worden ingezet in het arbeidsproces en SNEW stimuleert mensen om daarna in het reguliere arbeidsproces weer in te zetten.
- De externe stakeholders (klanten, overheden) dragen naar de mening van SNEW te weinig bij en doen aan 'green washing'.



Figuur 19 Drijfveren voor SNEW



Figuur 20 Barrières voor SNEW

SNEW ziet met name de volgende barrières voor (de groei van) hun businessmodel:

- De toegang tot kapitaal: banken stappen niet in vanwege de risico's en voor Invest.NL zijn de uitbreidingen te klein; verder is WBSO niet toegankelijk voor de software-ontwikkeling van SNEW.
- Technologie vertegenwoordigt een barrière omdat er regelmatig geen schema's en geen spare parts van oudere apparatuur voorhanden is en reverse engineering moet worden ondernomen.
- Beleid stimuleert hergebruik van deze apparatuur niet (bijvoorbeeld door een laag BTW-tarief).

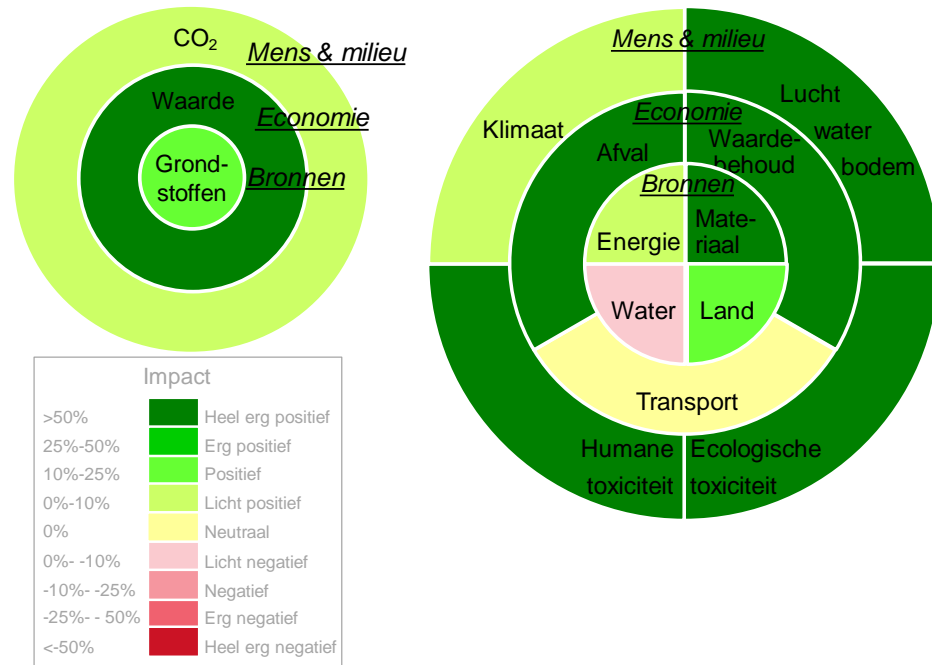
Duurzaamheidsimpacts

De duurzaamheidsimpacts zijn berekend voor de 4 belangrijkste soorten producten die SNEW refurbisht, namelijk telefoontoestellen, telefooncentrales, desktops, laptops en schermen. Er worden rond 150.000 apparaten gere refurbisht per jaar waarvan wordt aangenomen dat deze productie bestaat uit 20% telefoontoestellen, 20% telefooncentrales, 20% desktops en 20% laptops.

SNEW behaalt hiermee meer dan 50% waardebehoud, 10%-25% grondstofbesparing en tot 10% CO₂-reductie ten opzichte van vergelijkbare nieuwe apparaten met dezelfde functies. Dit wordt gerealiseerd door vermijding van afschrijving van de apparatuur en verdubbeling van de levensduur, van vier naar acht jaar, waardoor veel materiaal (metalen en kunststoffen) uitgespaard worden en hiermee ook de uitstoot van CO₂, lucht-, water- en bodemvervuilende stoffen en toxische stoffen.

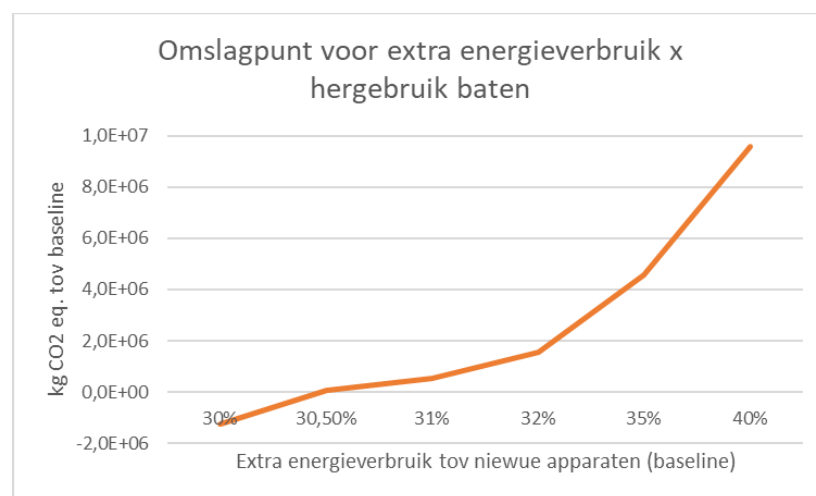
Tegelijkertijd is geschat dat het elektriciteitsverbruik van nieuwe apparatuur door technologische ontwikkeling gedurende de levensduur 30% vermindert, wat door de gere refurbishte apparaten niet wordt bereikt. Dit is een conservatieve aanname en kan overschat zijn, SNEW zelf schat dit op 15%.

Hierdoor is de besparing van het fossiele energiegebruik en de uitstoot van CO₂ beperkt en neemt watergebruik zelfs toe. Aangenomen is dat transport niet significant te verandert door refurbishment.



Figuur 21 Duurzaamheidsimpact a.g.v. refurbishment bij SNEW

Het omslagpunt voor een nadelig effect van een hoger elektriciteitsverbruik van gerefurbisht apparatuur ten opzichte van nieuwe apparatuur ligt overigens inderdaad rond deze 30% extra energie verbruikt in vergelijking met nieuwe soortgelijke apparatuur zoals blijkt uit Figuur 22. Dit omslagpunt is licht voor andere milieueffectcategorieën hoger.



Figuur 22. Omslagpunt voor CO₂ uitstoot van gerefurbisht apparaten t.o.v. nieuwe vergelijkbare apparaten met betrekking tot efficiëntie van energieverbruik.

Conclusies t.a.v. duurzaamheidsimpact en randvoorwaarden

Refurbishment leidt tot levensduurverlenging, wat direct tot besparing van materiaal leidt en mede daardoor vaak ook leidt tot geringere uitstoot van CO₂-equivalent en van lucht-, water- en bodemvervuilende stoffen. In het geval van elektronische apparatuur leidt refurbishment in het algemeen ook voor een toename van energiegebruik omdat aangenomen mag worden dat energiebesparing heeft plaatsgevonden in nieuwe apparatuur als gevolg van technologische ontwikkeling. Dit drukt de winst op het gebied van klimaatverandering en lucht-, water- en bodemkwaliteit. Het break-even point zit bij SNEW voor CO₂-emissies bij 30% elektriciteitsbesparing in nieuwe apparatuur. Energiegebruik als gevolg van transport is (meestal) te verwaarlozen. Dit is voor het verschil ten opzichte van een nieuw apparaat zeker het geval.

Refurbishment leidt ook tot waardebehoud, maar niet altijd tot bedrijfsresultaat omdat de kosten van arbeid en logistiek hoog kunnen zijn. Bij SNEW wordt een belangrijk deel van het business model gerealiseerd door het inzetten van gesubsidieerde arbeid.

3.3.3 Aandrijvingen bij SEW-Eurodrive

SEW-Eurodrive is producent van aandrijfmotoren en besturingstechniek. De technologie wordt toegepast in bijna alles wat beweegt zoals in bruggen, havenkranen, lopende banden, achtbanen.

SEW-Eurodrive heeft van remanufacturing een integraal onderdeel van haar businessmodel gemaakt. SEW-Eurodrive had eerst een werkplaats waar motorreductoren (elektromotoren en tandwielkasten) werden gereviseerd en gerepareerd, maar deze werkzaamheden verliepen nog niet *lean*. Een van de oorzaken was de onzekerheid over de omvang van de reparatie. Die werd in de werkplaats vastgesteld, waarop in overleg met de klant werd bepaald of herstel zinvol was of niet. Voor de duur van het overleg moest de aandrijving worden opgeslagen en in het ergste geval zonder reparatie naar de klant worden teruggestuurd.

Deze werkwijze werd veranderd: er vindt nu alleen nog maar reparatie en remanufacturing plaats op basis van een vaste prijs die onafhankelijk is van de inwendige staat van de aandrijvingen.

In de werkplaats wordt de aandrijving gedemonteerd. De beschadigde en aan slijtage onderhevige onderdelen worden vervangen. De onderdelen die nog goed zijn, worden grondig gereinigd en samen met nieuwe onderdelen naar een assemblage-eiland gebracht om tot een nieuwe aandrijving te worden samengebouwd. Dit proces noemt SEW-Eurodrive 'remanufacturing'.

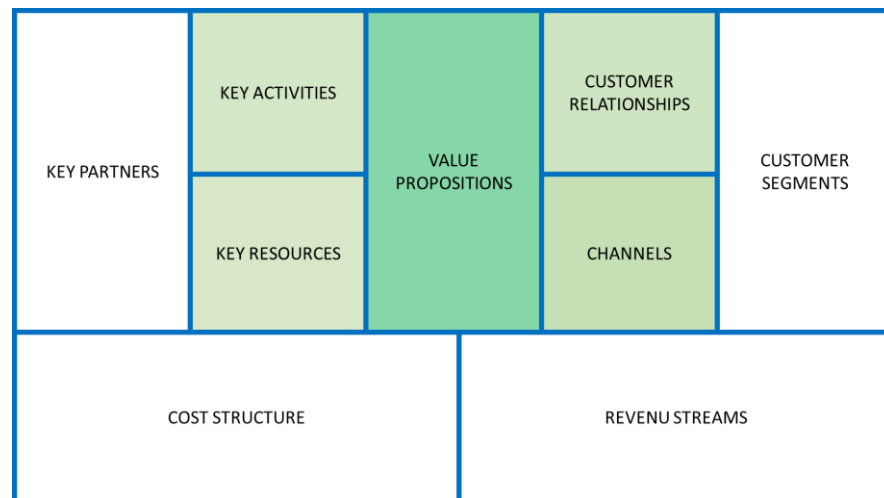


Figuur 23 Aankondiging van remanufacturing op website van SEW-Eurodrive

Zo ontstond een voorspelbare workflow die ervoor zorgt dat SEW-Eurodrive een levertijd van drie werkdagen kan waarmaken en opnieuw garantie kan verlenen op het tweede leven van de aandrijving. Deze remanufacturing-werkwijze leidde tot forse besparingen in mankracht, tijd en administratie. Vier gespecialiseerde productiemedewerkers doen nu het werk dat daarvoor door 12 collega's werd gedaan.

Impact op de bedrijfsvoering

De impact van de geoptimaliseerde remanufacturing zoals die hiervoor werd beschreven is als volgt weer te geven via het businessmodel-canvas (Figuur 24)



Figuur 24 Impact van gestroomlijnde refurbishment op het businessmodel van SEW-Eurodrive

Net als in het geval van remanufacturing door Malvern Panalytical is de invloed op het businessmodel niet heel ingrijpend. SEW-Eurodrive heeft veel processen in eigen hand en dus is ook de relatie met de toeleverancier niet wezenlijk veranderd. Het betrof hier al gestandaardiseerde onderdelen. De volgende veranderingen in het businessmodel zijn opgetreden:

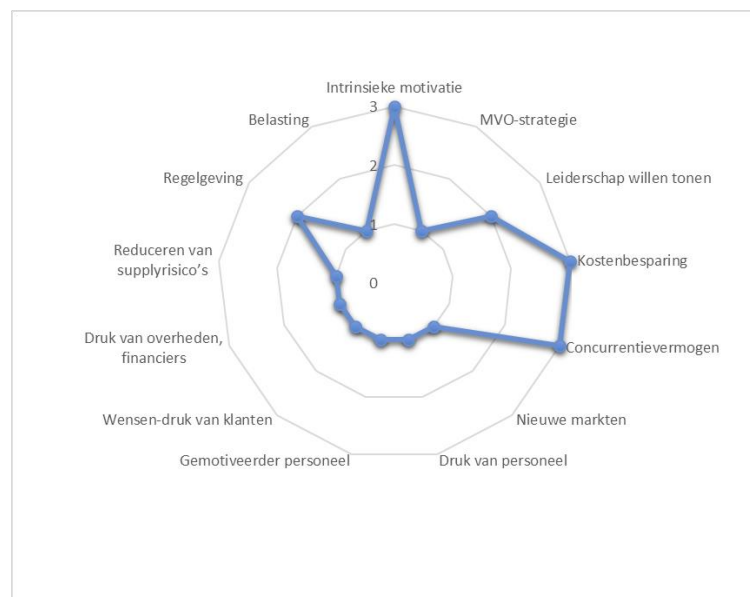
- De waardepropositie is uitgebreid (zie Figuur 23) door actief te wijzen op professionele remanufacturing. Remanufacturing levert op zich geen grote directe bijdrage aan de omzet, maar is in de strategie een onmisbaar element geworden. De propositie is dat een perfecte service aan eindgebruikers wordt geleverd. Remanufacturing is een onderdeel van die perfecte service-

propositie en levert daarmee indirect een strategisch belangrijke bijdrage aan omzet en winstgevendheid.

- Dit wordt via verkoopkanalen duidelijk gemaakt.
- Intern zijn de sleutelactiviteiten aangepast (zie de case-beschrijving) waardoor een voorspelbare workflow en daarbij passende facturering kan plaatsvinden. Daarnaast heeft remanufacturing het denken veranderd. Opkopen van eigen producten, deze ontmantelen en hergebruiken is onderdeel geworden van het kernproces.
- Deze stroomlijning heeft gevolgen voor de inzet van personeel (in dit geval een kleine afname) voor reparatie-activiteiten, tegen een hogere productiviteit.

Drijfveren en barrières

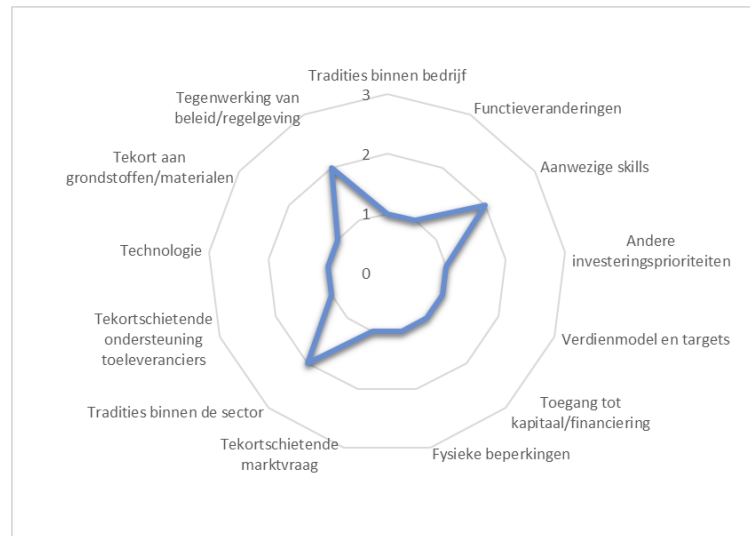
De drijfveren en barrières voor de introductie van remanufacturing bij SEW-Eurodrive staan weergegeven in Figuur 25 en Figuur 26.



Figuur 25 Drijfveren voor remanufacturing bij SEW-Eurodrive

SEW-Eurodrive geeft aan een koploper in de branche te willen zijn: de logistiek rondom hergebruik wordt dan ook gezien als een onderscheidend vermogen.

Daarnaast was kostenbesparing, zowel bij de klant als bij SEW-Eurodrive, een belangrijke drijfveer zodat refurbishment een toekomstbestendig bedrijfsproces wordt. Dit leidt dan ook tot een groeiend concurrentievermogen: de uitdaging is om ook op dergelijke nieuwe activiteiten beter te zijn dan de concurrent.



Figuur 26 Barrières bij introductie remanufacturing bij SEW-Eurodrive

In het algemeen ervaart SEW-Eurodrive geen ernstige belemmeringen bij de uitrol van remanufacturing. De volgende aspecten werden als enigszins belemmerend ervaren:

- Remanufacturing vereist andere vaardigheden en inzichten van medewerkers;
- Klanten zien producten afkomstig uit remanufacturing vaak als minder in kwaliteit dan de nieuwe producten;
- Hergebruik wordt in regelgeving anders beschouwd dan nieuwe producten.

Duurzaamheidsimpact

Het remanufacturingproces heeft ook milieu-effecten. Om deze effecten te kunnen berekenen, werd het proces aan een baseline-scenario, een case study en een levenscyclusanalyse onderworpen.

Voor de baseline- en case study werd van dezelfde motor uitgegaan. Het enige verschil tussen beide cases is de remanufacturing-fase bij de case study waardoor de levensduur van de motor wordt verdubbeld. Het betreft een relatief kleine motor met tandwielkast die hoofdzakelijk is samengesteld uit staal, koper, aluminium en gietijzer. De gemiddelde levensduur van deze motoren is 25 jaar, maar door remanufacturing kan de levensduur oplopen tot 50 jaar. Tijdens remanufacturing wordt de motorbehuizing, behouden, terwijl de slijtdelen en elektrische onderdelen doorgaans worden vervangen.

Aangenomen is dat de onderdelen die worden vervangen, ongeveer 33% van de massa van de motor vertegenwoordigen en zijn samengesteld uit koper (40%), staal, gietijzer en aluminium. De motorbehuizing en vaste onderdelen blijven behouden tijdens de renovatie, terwijl de mobiele en elektrische onderdelen meestal moeten worden vervangen.

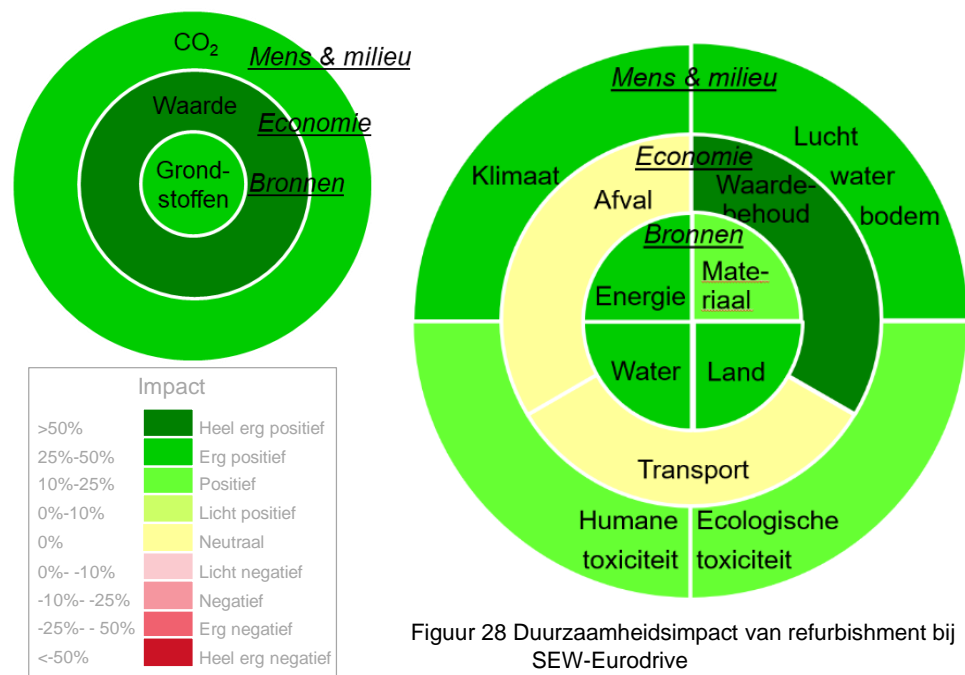
Om een volledig beeld van de impact van de remanufacturing te krijgen, zijn materiaalwinning, productie van onderdelen, extra elektriciteitsverbruik en transport van de aandrijving van de klant naar SEW-Eurodrive meegenomen in de berekeningen. Het elektrische deel van de motor bevat koper, en hiervoor is aangenomen dat alle koperen onderdelen moeten worden vervangen. Dat is

waarschijnlijk een overschatting, dus de milieuvoordelen zijn waarschijnlijk nog groter.



Figuur 27 Aandrijfmotoren van SEW-Eurodrive

De winning en productie van koper vormt, samen met het ijzergiet- en het draadtrekproces, het grootste aandeel in de impact van de motor op het milieu. Met remanufacturing wordt een materiaalbesparing van 67% (massa) bereikt, vooral op gietijzer, waardoor 40% minder CO₂-uitstoot wordt gerealiseerd. Ecotoxiciteit en humane toxiciteit presteren 13% en 20% beter vanwege de besparing op gietijzer. Er hoeft immers minder ijzer gegoten te worden. De winst kon nog veel groter zijn als ook koper werd bespaard.



Figuur 28 Duurzaamheidsimpact van refurbishment bij SEW-Eurodrive

Conclusies t.a.v. duurzaamheidsimpact en randvoorwaarden

Remanufacturing leidt tot levensduurverlenging, wat direct tot besparing van materiaal leidt en tot minder uitstoot van CO₂ en lucht-, water- en bodemvervuilende stoffen. Koper is een onmisbaar materiaal voor de onderdelen van de motor en bijzonder belangrijk voor een effect op het milieu. Als bij remanufacturing dezelfde hoeveelheid koper wordt gebruikt als bij de productiefase, dan drukt dit de winst op het gebied van toxiciteit en bodemkwaliteit.

Desalniettemin levert het besparen van andere materialen en hun respectievelijke productieprocessen gemiddeld een voetafdrukverbetering van 27% op. Energiegebruik als gevolg van remanufacturing is te verwaarlozen. Remanufacturing leidt ook tot waardebehoud: de motor wordt verkocht als nieuw.

3.4 Smart Maintenance

3.4.1 Remeha: smart maintenance van CV-ketels



Figuur 29 Quinta Ace CV-ketel van REMEHA

REMEHA produceert o.a. CV-ketels met verschillende vermogens en eigenschappen.

CV-ketels zijn in toenemende mate uitgerust met sensoren waardoor de mogelijkheid ontstaat preventief en voorspelbaar onderhoud uit te voeren. Remeha is dat aan het implementeren. Voor de smart maintenance case study is een CV-ketel gekozen die 15 jaar levensduur heeft als deze jaarlijks preventief onderhoud ondergaat.

Elk jaar vraagt om een andere set onderdelen voor het onderhoud, dus zijn er drie standaard onderhoudsets beschikbaar. Voor elke onderhoudsbeurt moet de monteur reizen om de klant te bereiken en de taak uit te voeren.

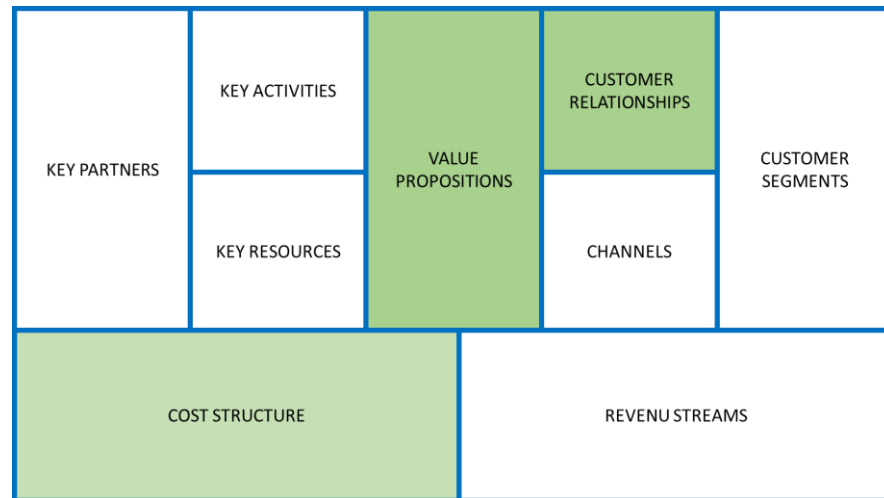
Het smart maintenance systeem maakt het mogelijk om van preventief onderhoud over te stappen naar vraaggedreven en noodzakelijk onderhoud. Door gebruik te maken van de aanwezige sensoren om gegevens te verzamelen over de status van onderdelen van de ketel, kan de besturingsmodule bepalen of onderhoud nodig is. Via de cloud wordt deze informatie naar het IoT portal gestuurd, waar de installateur op zijn laptop kan inloggen, en op afstand kan zien welk onderhoud nodig is op welke locatie.

Door dit systeem kan bespaard worden op materiaal dat gewoonlijk wordt ingezet bij het regelmatige preventieve onderhoud, samen met de brandstof die nodig is voor de monteursbezoeken.

Impact op de bedrijfsvoering

De impact van deze smart-maintenance-operatie op het businessmodel wordt door REMEHA zelf als bescheiden ingeschat (Figuur 30). Het is een aanpassing van de waardepropositie, die -gezien het feit dat van reeds bestaande informatie gebruik

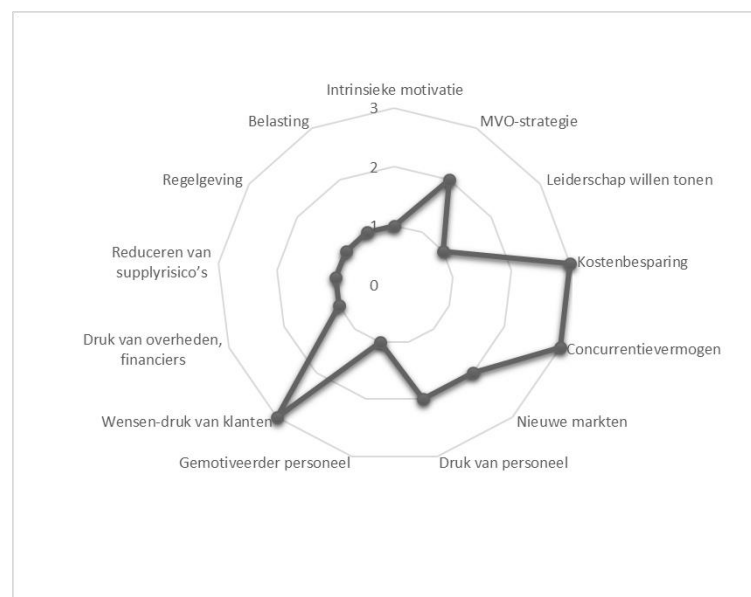
wordt gemaakt- weinig gevolgen heeft voor de intern belangrijkste activiteiten en resources. Daarmee wordt dan ook vooral de kostenstructuur beïnvloed (zie ook de belangrijke drijfveren hieronder). De vraag is wel of de relatie met 'key partners' zoals installateurs niet aan verandering onderhevig gaat zijn.



Figuur 30 Impact van smart maintenance op businessmodel van REMEHA

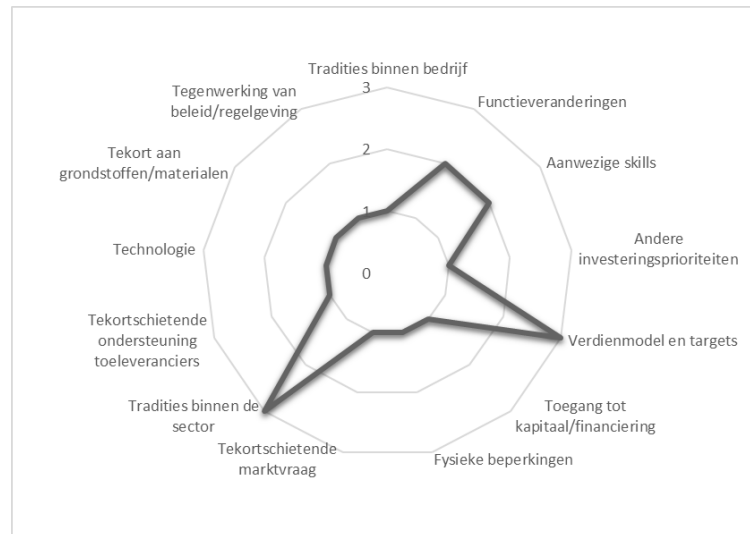
Drijfveren en barrières

De belangrijkste drijfveren die REMEHA gehanteerd heeft en de belangrijkste barrières die het bedrijf daarbij ondervond zijn weergegeven in



Figuur 31 Drijfveren voor REMEHA

De belangrijkste drijfveren zitten in de kostenbesparingen m.b.t. reserve-onderdelen en de hoeveelheid onderhoudsinspanningen. Daarmee neemt het concurrentievermogen van REMEHA toe. Klanten geven verder aan beter ontzorgd te willen worden en minimale verstoring van hun klimaatvoorziening te willen.



Figuur 32 Barrières ondervonden door REMEHA

Een barrière zit in de sector, waar traditiegetrouw tussenpersonen (installateurs) een belangrijke (onderhouds)rol vervullen. Dit wordt deels ge-bypast door de IoT-introductie.

Duurzaamheidsimpact

Om de milieueffecten van het smart maintenance te bepalen worden drie scenario's gehanteerd.

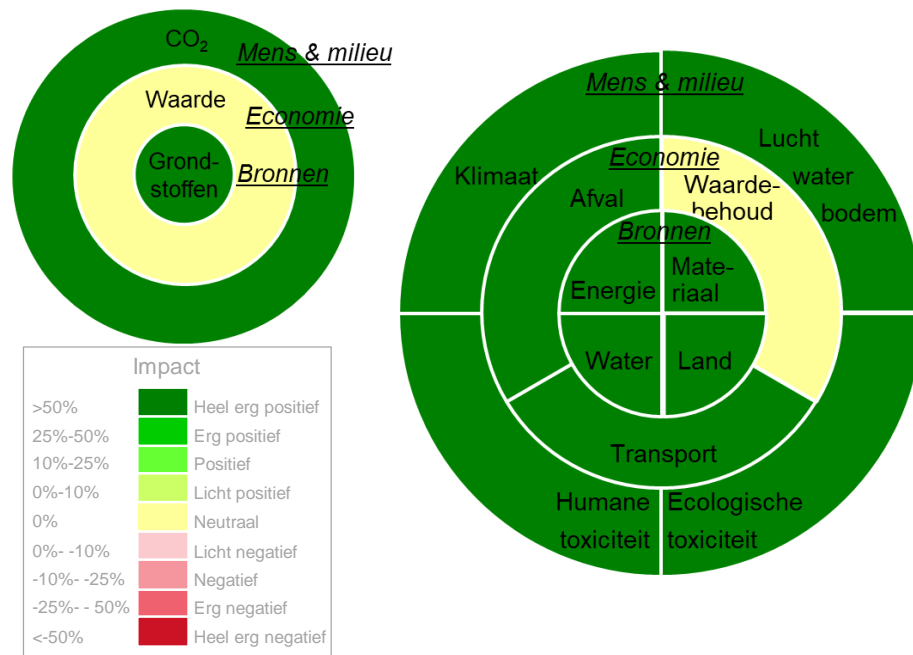
1. Baseline, waarin jaarlijks onderhoud wordt gedaan en waarvoor 15 onderhoudsets nodig zijn, namelijk acht klein sets, vier medium sets en drie uitgebreide sets.
2. Scenario 1 (smart maintenance) waarin onderhoud eens in de drie jaar wordt uitgevoerd en waarvoor 5 onderhoudsets zijn nodig, namelijk twee klein sets, twee medium sets en een uitgebreide set.
3. Scenario 2 (intensievere smart maintenance) waarin onderhoud eens in de vijf jaar wordt uitgevoerd en waarvoor 3 onderhoudsets zijn nodig, namelijk, twee medium sets en een uitgebreide set.

Het is belangrijk op te merken dat ICT-apparatuur die nodig kan zijn om de gegevens op te slaan en te verwerken tot een onderhoudswaarschuwing, niet in de modellen is opgenomen, omdat er vanuit Remeha is aangegeven dat dit niet nodig is.

Scenario 2 laat gemiddeld 72% betere resultaten dan de baseline, wat consistent is met de materiaalbesparing van 77% in scenario 2 t.o.v. de baseline.

Milieueffectcategorieën die bodem en lucht betreffen zijn degene die het meeste bijdragen (99.9%) op de totale milieueffecten van dit smart maintenance model.

Het gebruik van vervangingsonderdelen die staallegeringen bevatten veroorzaken 75% van de lucht- en bodemvervuiling door de uitstoot van fijn stof en verzurende stoffen. Voor de categorie klimaatverandering zijn polymeren de grootste bronnen. Door de vraag naar dergelijke reserveonderdelen te verminderen met behulp van het slimme onderhoudssysteem, kan een relatief grote verbetering op het gebied van milieuprestaties worden bereikt.



Figuur 33 Duurzaamheidsimpact a.g.v. smart maintenance bij REMEHA

Conclusies t.a.v. duurzaamheidsimpact en randvoorwaarden

Het slimme onderhoudssysteem is bedoeld om de vraag naar vervangende onderdelen te verminderen door het gebruik van data van reeds bestaande sensoren in CV-ketels. Deze sensoren verzamelen gegevens die aangeven wanneer onderhoud nodig is voor welk onderdeel van de apparatuur. Op deze manier kan periodiek onderhoud en vervanging van onderdelen worden vermeden waardoor een relatief grote verbetering (72%) op het gebied van milieuprestaties kan worden bereikt.

Voorwaarde is dat geen nieuwe ICT apparatuur hiervoor nodig is en dat de bestaande sensoren en apparatuur op de CV-ketels kunnen worden gebruikt om de smart maintenance te realiseren.

3.4.2 Van Raam: accu's voor e-bikes

Van Raam is fabrikant van aangepaste fietsen en maakt o.a. driewielers, rolstoelfietsen, tandems en duofietsen. De snelle ontwikkelingen en omschakeling naar e-bikes betekenen voor Van Raam een mogelijkheid om naar geheel andere businessmodellen om te schakelen gebaseerd op levensduurverlenging van de batterijen.

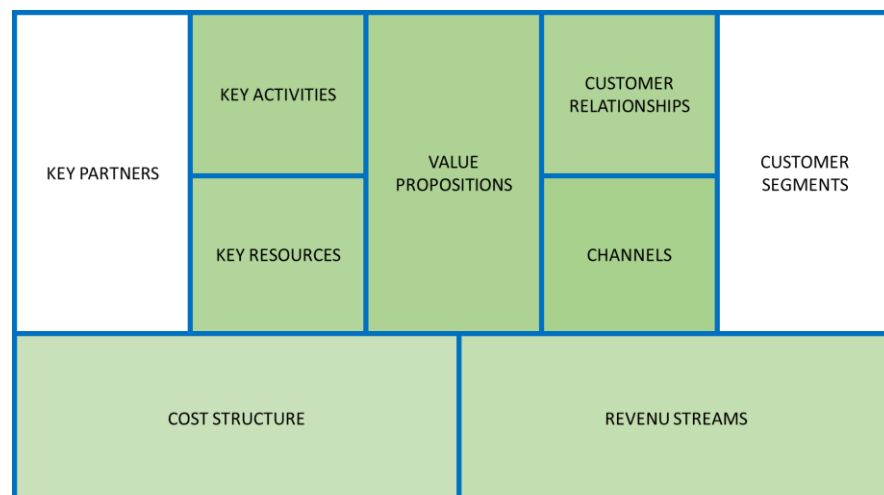
Op de eerste plaats leiden de hoge kosten van accu's (een accu kost 700 EUR) tot andere businessmodellen: één Duitse leverancier experimenteert nu met het leveren van een accu in verhuur voor 40 euro per maand. Na 2 jaar kan dan een nieuwe accu worden geplaatst. Dat maakt het aanschaffen van een fiets veel goedkoper en tegelijk ontstaat er een uitstekende retourlogistiek van accu's. Op de tweede plaats leidde de introductie van e-bikes ertoe dat alle informatie (GPS, gebruik, performance van de motor en de accu's) vanaf januari 2018 via een smartphone die aan de accu is verbonden naar een centrale database gestuurd

kan worden. Daarmee krijgt Van Raam nu voor het eerst direct toegang tot klantinformatie en kan het predictive maintenance en andere services aanbieden aan dealers en eigenaren in de zorgsector. Elke accu wordt smart; dat kost 50-70 EUR per accu (SIM kaart en datakosten). Daarmee wordt op afstand servicelevering mogelijk. Het businessmodel gaat zich ontwikkelen in de richting van een abonnementsconstructie. Van Raam gaat bijvoorbeeld op termijn tehuizen ontzorgen. De voorfinanciering moet dan goed zijn; de via IoT (Internet of Things) verkregen informatie over de status van fietsen en accu's is essentieel voor bepaling van de waarde.

Impact op de bedrijfsvoering

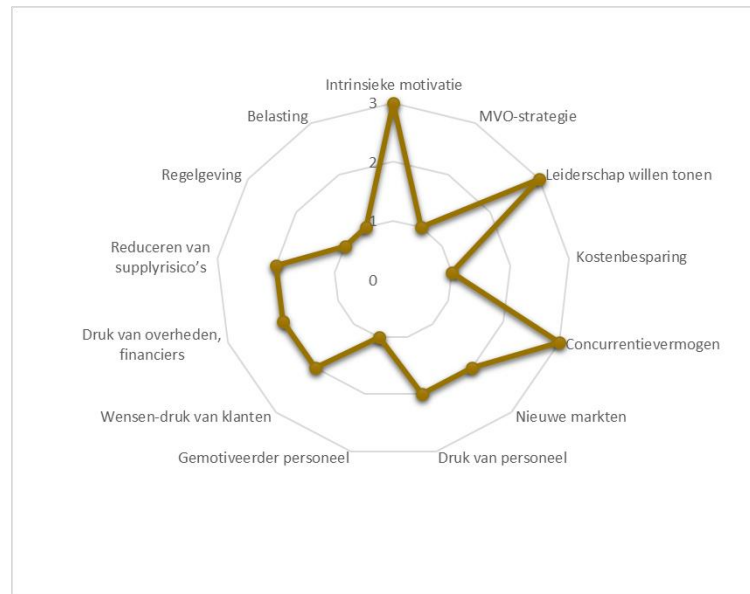
Het businessmodel van Van Raam wordt in eerste instantie uitgebreid met een data-abonnement waarmee gebruikers beter op de hoogte worden gesteld van de toestand van de accu's met als (milieu-)doel een langere levensduur van de kostbare accu's. Het businessmodel (Figuur 34) verandert niet in alle opzichten: Van Raam blijft dezelfde klantsegmenten bedienen en afgezien van inkoop van onderdelen, zijn de sleutelpartners niet wezenlijk veranderd. Wat wel veranderd is het volgende:

- De waardepropositie: de klant kan nu ontzorgd worden m.b.v. een abonnement op accumonitoring.
- Dit zorgt voor een intensievere klantrelatie, waarbij ontzorging centraal staat. Deze nieuwe propositie zal via bestaande klantkanalen in de markt moeten worden gezet. Daarbij is er in bepaalde gevallen ook een veel directere relatie met de klant mogelijk i.p.v. via het kanaal van een dealer.
- De inkomstenstructuur verandert gelijktijdig mee: inkomsten komen nu niet alleen uit rechtstreekse verkoop maar ook uit abonnementstarieven;
- De activiteiten worden sterk veranderd: er dient een data-structuur te worden opgebouwd, met daarbij passende infrastructuur en personeel met de juiste competenties.
- Naast IT-competent personeel moet ook de 'sales' aangepast worden, omdat er nu deels diensten onder de aandacht moeten worden gebracht.



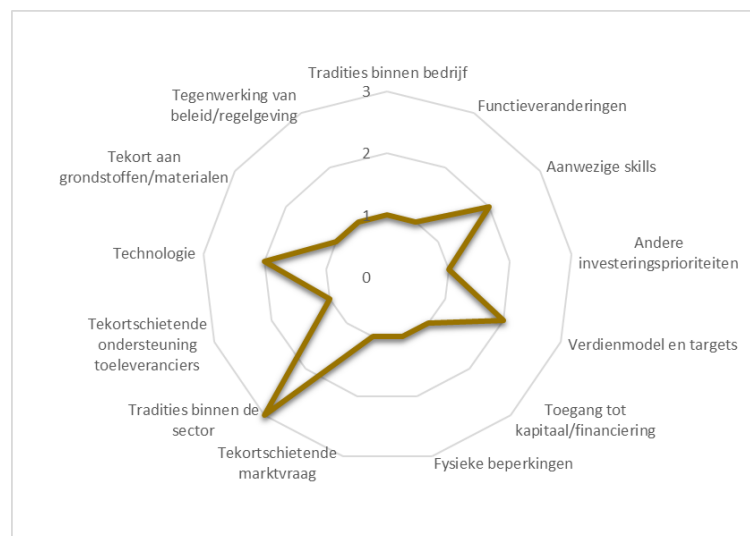
Figuur 34 Impact van accu-monitoring op het businessmodel van Van Raam

Drijfveren en barrières



Figuur 35 Drijfveren voor Van Raam

De belangrijkste drijfveren voor Van Raam om de hier besproken innovatie te implementeren zijn gelegen in de intrinsieke motivatie; niet zozeer intrinsieke motivatie op het gebied van duurzaamheid, maar in de wens om voorop te lopen in de sector op het gebied van innovatie.



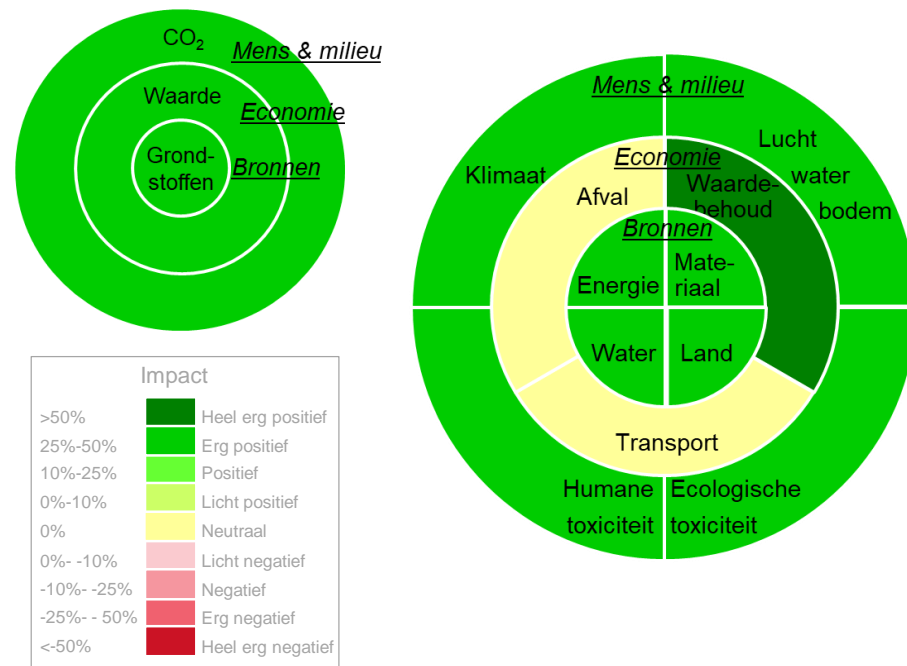
Figuur 36 Barrières ondervonden door Van Raam

De belangrijkste barrières die Van Raam ziet zijn de structuur van de sector, die conservatief is. Enerzijds geldt dit voor de zorginstellingen zelf, maar anderzijds ook voor het dealernetwerk. Het eventueel by-passen van dealers kan er ook toe bijdragen dat het bestaande verdienmodel onder druk komt te staan.

Duurzaamheidsimpact

Om de milieu-effecten van een smart systeem dat de gebruiker waarschuwt voor een mindere batterijstatus in te schatten, zijn er twee scenario's gedefinieerd: een baseline waar een batterij na gemiddeld 4,5 (ca. 3-5) jaar wordt vervangen en een scenario waar een statusmelding van de batterij onderhoud en vervanging op maat mogelijk maakt. In dit scenario is ervan uitgegaan dat batterijen gemiddeld 8,25 (ca. 4,5-12) jaar meegaan – een levensduurverlenging van bijna 4 jaar of ongeveer 83%. Batterijen zijn gemodelleerd als Li-ion batterijen van 4,5 kg. Verder is ervan uitgegaan dat in beide scenario's dezelfde sensoren op de batterijen worden gebruikt (zoals boven beschreven).

Het gebruik van bestaande sensoren om een gebruikerswaarschuwingssysteem op te zetten wat in levensduurverlenging resulteert, leidt in de levenscyclusanalyse tot een afname van de uitstoot van CO₂ en lucht-, water- en bodemvervuilende en toxische stoffen van gemiddeld 45% ten opzichte van het baseline-scenario. Er is in het service-scenario een toename in dataverkeer, en dus een hoger energieverbruik, maar dit effect bleek verwaarloosbaar vergeleken bij de effecten van de levensduurverlenging.



Figuur 37 Duurzaamheidsimpact van smart maintenance van e-bike-accu's bij Van Raam

Conclusies t.a.v. duurzaamheidsimpact en randvoorwaarden

Het gebruik van bestaande apparatuur om de levensduur van batterijen te verlengen kan tot flinke milieuwinst leiden (45%) t.o.v. een batterij die geen gebruikerswaarschuwingssysteem heeft en daardoor (potentieel) een kortere levensduur heeft.

Een belangrijk aandachtspunt is dat het systeem tot geen toename van energieverbruik als gevolg van dataverkeer en -opslag leidt en geen extra apparatuur, zoals sensoren, vraagt. Is dat het geval zal immers de milieuwinst lager uitpakken.

3.5 Servitization

3.5.1 *HTC Speedgates-as-a-service*

HTC parking & security maakt speedgates (vouwhekken) voor het beveiligen van de voertuigentree van terreinen en gebouwen. Daarnaast levert zij ook slagbomen en andere beweegbare afsluitsystemen (blockers en bollards).

HTC heeft enkele jaren geleden Xense ontwikkeld: een tool die gericht is op het afstand kunnen monitoren van de status van het product én de veranderingen van eigenschappen van sensoren en actuatoren tbv remote diagnostics & support en predictive maintenance. Klanten hebben via hun mobieltje toegang tot deze informatie. Xense heeft het voor HTC mede mogelijk gemaakt om de Speedgates-as-a-service (SAAS) propositie te ontwikkelen. Dit is eind 2019 gelanceerd. Bij het SAAS-concept richt HTC een voertuig-entree in, blijft verantwoordelijk en garandeert HTC beschikbaarheid en veiligheid. Daarbij betaalt de gebruiker een vaste vergoeding gebaseerd op de intensiteit van het gebruik. De toegenomen risico's door eigenaarschap kunnen worden gedragen doordat HTC middels Xense gebruik en gedrag kan monitoren en daarmee de naleving van afspraken kan verifiëren. Aanrijding wordt door sensoren geregistreerd en door camera vastgelegd, waardoor schades op de veroorzaker verhaald kunnen worden. De voordelen van dit concept liggen enerzijds bij HTC (efficiënter onderhoud, hogere verdiensten op termijn) en anderzijds bij de klant (géén investering, voorspelbare vaste lasten, geen gedoe meer en grotere zekerheid over beschikbaarheid).

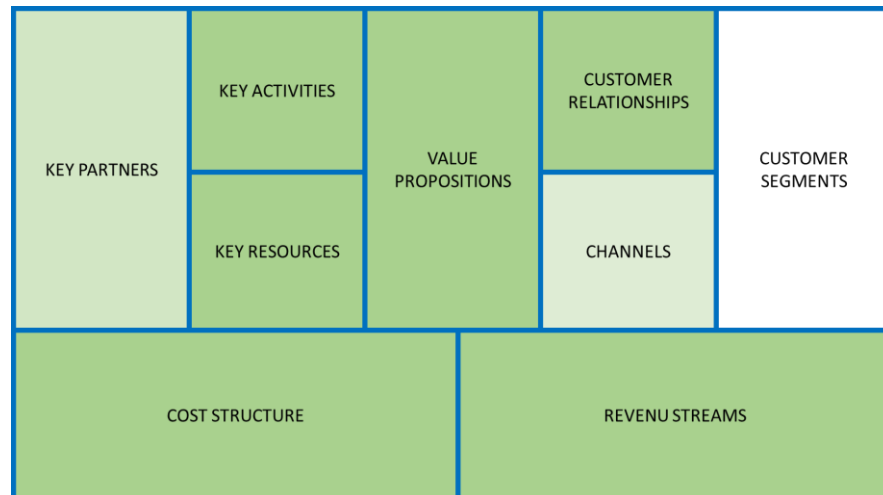
SAAS moet ook leiden tot redesign van verschillende onderdelen van de speedgate. Nu is het zo dat er componenten worden gebruikt met een heel verschillende levensduur: HTC streeft ernaar een module te maken waarin alle componenten zitten die ongeveer even lang meegaan, waardoor een besparing op servicekosten mogelijk wordt. In principe kunnen dan complete modules bij servicebeurten worden gewisseld i.p.v. slechts enkele gediagnosticeerde onderdelen. Daarbij is het doel ook om 'thuis' te kunnen refurbishen. SAAS betekent ook het opnemen van verantwoordelijkheid voor de inrichting van de entree. De wijze van opstellen beïnvloedt immers de risico's op aanrijdingen en dus grote schade.

Het op afstand kunnen meekijken zorgt voor een effectievere inzet van onderhoudspersoneel. Het systeem signaleert of de klant zelf iets kan doen, bv bij een storing een colablikje verwijderen uit een goot, het gras knippen voor een fotocel of de batterij van de afstandsbediening vervangen. Daarnaast kan een expert met een monteur meekijken in een complexe situatie.

Door het hoogwaardiger én beter vervangbaar maken van systemen en de conservering zou de functionele levensduur van de volgende generatie speedgates moeten kunnen groeien van 15 naar 30 jaar.

Impact op de bedrijfsvoering

De innovatie van HTC is ingrijpend en heeft impact op vrijwel alle elementen van hun businessmodel (zie Figuur 38), wellicht met uitzondering van de klantsegmenten. Deze zijn ook in de huidige situatie breed (commerciële parkeerorganisaties, logistieke- en bedrijven terreinen, utiliteitsbouw en VVE's met appartementengebouwen etc).



Figuur 38 Impact van introductie van speedgates-as-a-service op het businessmodel van HTC

De centrale waardepropositie wordt uitgebreid met een puur op servitization gericht businessmodel. Dit heeft als consequentie dat de overige elementen van het businessmodel mee veranderen:

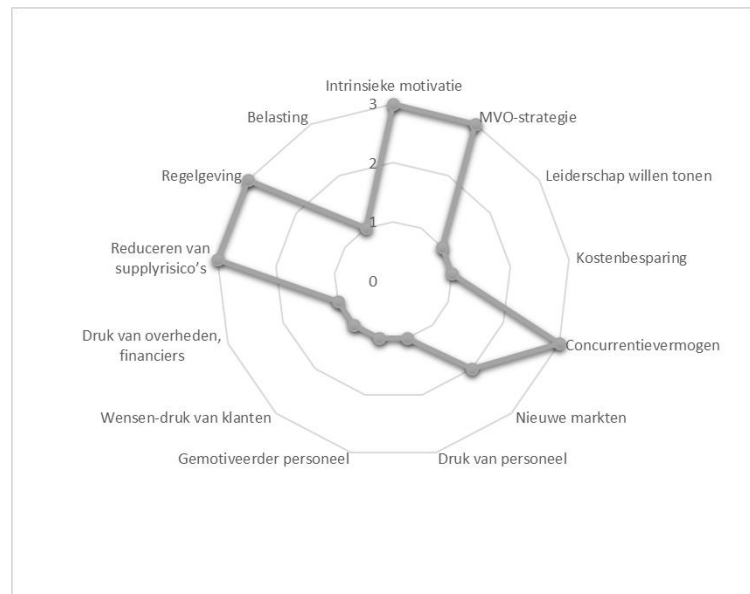
- de relatie met de klant wordt anders door verschuiving van het leveren en reactief onderhouden, naar het aangaan van een contract voor 15 jaar, waarbij assets worden geplaatst waarvan HTC eigenaar blijft en daarmee een continue dialoog met de klant kan hebben. Klantkanalen zijn nu gedeeltelijk handmatig hiervoor (jaarrapporten, gebruik informatie), maar zullen steeds meer geautomatiseerd gaan worden.
- Vanzelfsprekend ontstaat er nu een op abonnementen en een prestatiegericht gebaseerd inkomstenmodel voor het gebruik van de speedgate en de bijbehorende services, naast de bestaande verkoop van goederen en services leveren op basis van 'uurtje/factuurkje'
- De kostenstructuur wordt daarmee ook drastisch veranderd, omdat de balans zwaarder wordt. Deze assets blijven immers op de balans staan hetgeen een andere financiering met zich meebrengt. De kostenstructuur verandert ook door vereiste controle van prestaties (van onze kant als wel de verplichtingen van de klant hierin)
- De sleutelactiviteiten veranderen sterk: in eerste instantie wordt een redesign van de bestaande elektronica gevraagd (niet een compromis van kwaliteit en prijs (nu) maar gericht op lange levensduur, lage onderhoudsbehoefte, refurbishbaarheid en recyclebaarheid), vervolgens dient een IT-platform te worden ingericht om de ontzorging tot stand te brengen. Verder moet een service-organisatie worden (her)ingericht die berekend is op de veranderende rol.
- De 'human resources' veranderen sterk: de sales-activiteiten moeten nu gericht worden op dienstverlening, de onderhoud en reparatie is niet meer reactief, maar 'condition based' en pro-actief, en er is IT-capaciteit nodig.. Van deze 'human resources' wordt bewustwording van de ontkoppeling van inkomsten en kosten, bewustwording van eigenaarschap van producten en daarmee veranderende focus van dienstverlening verwacht. Verder is er andere technologie nodig om het onderhoud tot een minimum te reduceren.

Als laatste zijn meer financiën nodig om de transitie van verkoop van producten naar diensten te kunnen bekostigen.

- De relatie met key partners verandert: op de eerste plaats is er andere ondersteuning van financiële instellingen nodig, en op de tweede plaats worden toeleveranciers in de toekomst wellicht partners van wie "as a service" coating, aandrijfunits of besturingsunits betrokken kunnen worden. Die gesprekken moeten nu gaan plaatsvinden.

Drijfveren en barrières

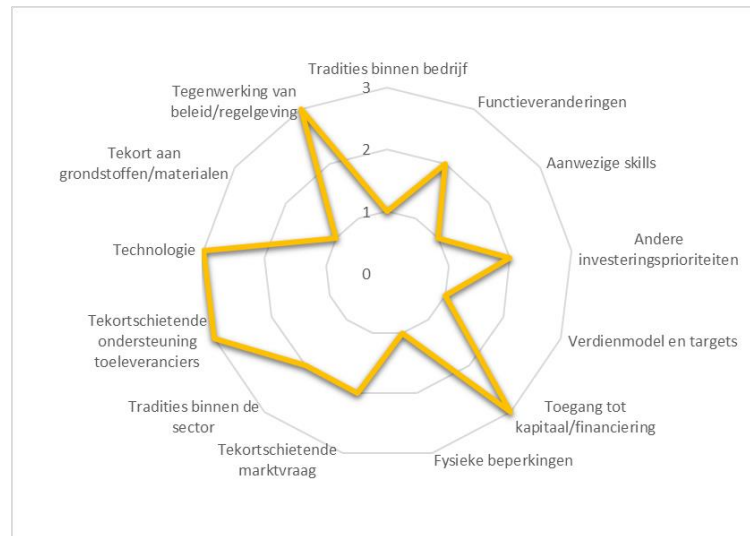
De drijfveren voor de transitie naar speedgates-as-a-service en de barrières die HTC daarbij ondervond zijn weergegeven in Figuur 39 en Figuur 40.



Figuur 39 Drijfveren voor de introductie van servitization bij HTC

Over deze drijfveren valt het volgende op te merken:

- Intrinsieke motivatie en MVO: MVO en duurzaamheid vormde de start van het nadenken over de introductie van een nieuw businessmodel.
- Kostenbesparing is zeker geen drijfveer: vantevoren vergt deze transitie juist veel investeringen die op termijn tot meer efficiëntie moet leiden.
- Gaandeweg is de mogelijkheid tot een toenemend concurrentievermogen een belangrijkere drijfveer geworden. Het verdienvermogen voor de onderneming wordt op termijn sterk verbeterd.
- Het verbeteren van de robuustheid van het bedrijf (reducen risico's) is een belangrijke drijfveer: door servitisation is de verwachting dat de opdrachthorizon wordt verlengd van ~10 maanden (leveringshorizon van producten en projecten) naar 10 - 15 jaar (oftewel: looptijd van as a service contracten)
- Daarnaast was de dreigende schaarste van zink één van de belangrijkste drijfveren om na te denken over de transitie naar servitization.



Figuur 40 Barrières bij de introductie van servitization bij HTC

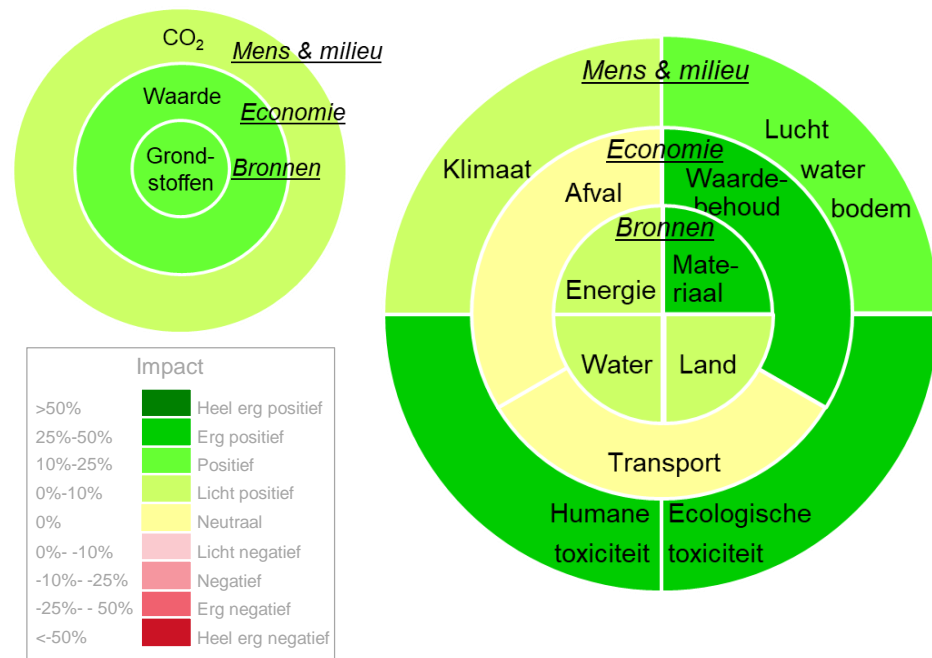
Er waren en zijn verschillende barrières voor het introduceren van speedgates-as-a-service door HTC:

- M.b.t. investeringsprioriteiten: werken vanuit een circulair perspectief betekent dat al geplande noodzakelijke investeringen (bv in ICT) vanuit een ander perspectief en daarmee wellicht op een andere manier gedaan worden
- M.b.t. toegang tot kapitaal: dit kan een showstopper worden
- De marktvrage lijkt latent aanwezig maar moet nog gecreëerd worden, en de sector is momenteel nog conservatief.
- M.b.t. ondersteuning door toeleveranciers: HTC ziet dat hun performance grotendeels wordt bepaald door toeleveranciers, die nu volgend zijn. Het (mee) nadenken over refurbishbare componenten door toeleveranciers moet nog tot ontwikkeling komen
- Daarnaast moet het gebruiksgemak van IoT nog aanzienlijk toenemen.
- M.b.t. tekort aan grondstoffen:

Duurzaamheidsimpact

Voor de analyse van de milieueffecten is uitgegaan van een levensduur van 10 jaar voor de baseline en van 15 jaar voor de poorten met smart systemen. Het grootste verschil tussen de twee systemen is de implementatie van Internet of Things (IoT) in de speedgate die nodig is voor het smart systeem. Als gevolg daarvan wordt er ook meer energie verbruikt dan in de baseline. Daarnaast is er door smart maintenance sprake van een halvering van de onderhoudsbeurten voor de smart poorten omdat het systeem het mogelijk maakt om kleine fouten te voorkomen en ze van afstand te corrigeren.

De resultaten van de analyse laten zien dat gemiddeld een afname van de milieubelasting plaatsvindt. Meer in detail treedt door de smart maintenance een reductie van toxische emissies op (met 25-30% reductie ten opzichte van poorten zonder smart systeem). De langere levensduur en de afname van onderhoud leiden tot netto minder CO₂ emissies, ondanks het iets hogere energieverbruik als gevolg van de implementatie van Internet of Things (IoT). Hetzelfde geldt ook voor de meeste lucht-, water-, en bodemvervuilende stoffen (tot 19% beter ten opzichte van een poort zonder smart systeem).



Figuur 41 Duurzaamheidsimpact a.g.v. speedgates as-a-service bij HTC parking & security

Conclusies t.a.v. duurzaamheidsimpact en randvoorwaarden

De productie van de speedgates draagt sterk bij aan de duurzaamheidsimpact. Een verlenging van de levensduur door onderhoud levert daarom aanzienlijke milieuvoordelen op voor de toxiciteit- en materiaalcategorieën. Het extra energieverbruik van de IoT zorgt voor enige uitstoot van lucht-, water- en bodemvervuilers en CO₂-equivalenten, maar dit negatieve effect wordt meer dan gecompenseerd door levensduurverlenging.

Het resultaten voor alle categorieën zou nog 8% beter kunnen zijn als de speedgate aan het einde van zijn levensduur wordt opgeknapt.

3.5.2 VConsyst: afvalinzameling-as-a-service

VConsyst werkt in het publieke domein en produceert producten voor o.a. afvalinzameling, sports/leisure (toegangs-, reservering- en leerlingvolg-systemen voor sportaccommodaties en zwembaden) en de buitenruimte (waaronder afvalbakken en fietsenrekken).

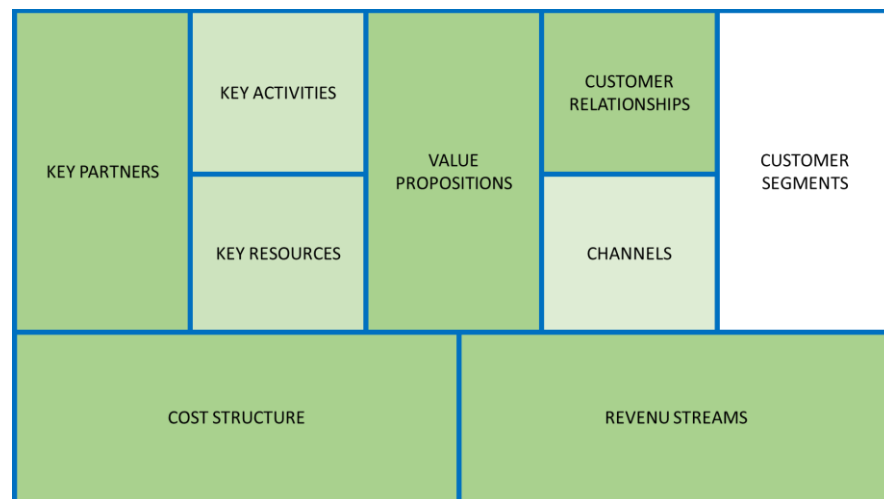
VConsyst is bezig met een transitie naar het anders aanbieden van producten voor de afvalinzameling. Daarbij is hun inzet dat ze als producent eigenaar van de goederen blijven, zodat duurzaamheid kan worden doorgevoerd.

De ontwikkeling bij VConsyst betreft concreet een ondergrondse afvalcontainer. Om deze aan te kunnen bieden is VConsyst een samenwerking aangegaan met andere leveranciers om als 'groep' een aanbidding bij gemeentes te kunnen doen. Door alles eigenbeheer en nieuwe technieken in te zetten wordt getracht schadevrij te werken. Nu veroorzaakt het ledigen van een container 95% van de schade, veroorzaakt door het personeel van de inzamelaar. In het nieuwe model wordt de Total cost of ownership (TCO) steeds belangrijker. Mede daarom is ook een andere container ontworpen met verstevigingen op kritieke onderdelen en een modulaire opbouw van de meest schadegevoelige onderdelen. De verschillende partijen in

eerdergenoemde ‘groep’ hebben alle hun inbreng gehad in dit nieuwe design. De inzet van sensoriek en vervolgens dataverzameling en -interpretatie is essentieel in deze transitie: ze gaan naar Product lifecycle management, waarin wordt vastgelegd welk defect is opgetreden is en wat de oorzaak daarvan was. Daarbij maakt VConsyst ook gebruik van het zogenaamde Chiplock-systeem, hetgeen de transitie ook mogelijk maakt. Middels het Chiplock systeem kan de toegang gereguleerd worden daarnaast wordt de beschikbaarheid van de het inzamelmiddel wordt 24-7 gemonitord.

Impact op de bedrijfsvoering

Net als bij HTC betreft de verandering die VConsyst voorstaat een beweging naar meer dienstverlening i.p.v. productenverkoop. De veranderingen in het businessmodelcanvas lijken dan ook op de veranderingen die HTC ondergaat (Figuur 42).



Figuur 42 Impact van servitization van afvalbeheer op het businessmodel van VConsyst

Ook hier zullen de klantsegmenten niet veranderen: dat blijven gemeentes die verantwoordelijk zijn voor het verzamelen en afvoeren van huisvuil. Verder verandert de waardepropositie natuurlijk naar ontzorging van de klant met behulp van een met sensoren uitgerust vuilcontainersysteem, waarbij de containers in eigendom blijven van VConsyst. Daarmee veranderen ook alle andere elementen van het businessmodelcanvas:

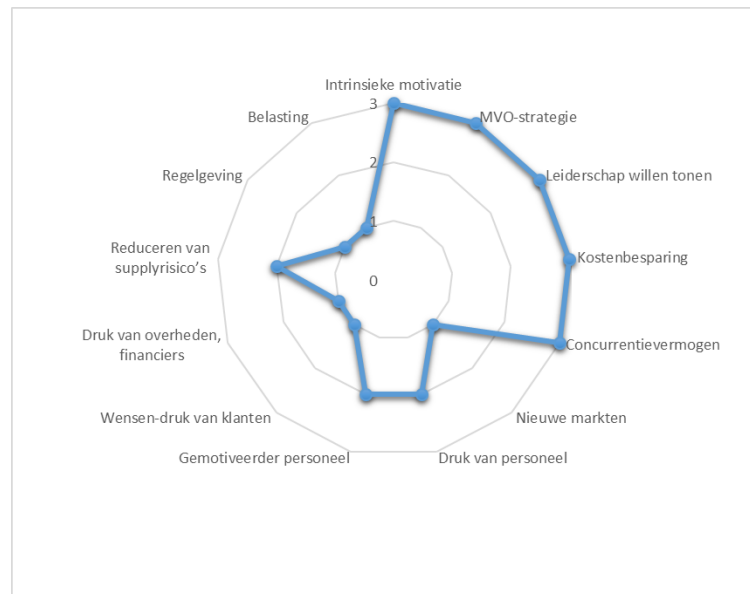
- De klantrelatie verandert sterk (de kanalen waarmee die te benaderen minder), omdat nu wordt ingezet op een blijvende relatie op basis van dienstverlening.
- Daarmee veranderen vanzelfsprekend de aard van de inkomstenstroom (vanwege de te introduceren abonnementsvorm) en de kostenstructuur (omdat voorfinanciering van assets plaats moet vinden en de balans verlengt).
- Met partners wordt sterk samengewerkt om de gehele waardepropositie aan te kunnen bieden (o.a. logistieke partners). Daarnaast is ook een redesign van de container voorzien (zie de duurzaamheidsimpact-analyse) waardoor samenwerking met toeleveranciers nodig is.
- De interne activiteiten veranderen (redesign en dus iets andere productie, opbouw van IT-platform t.b.v. ontzorging), maar VConsyst had met elementen hiervan al te maken in andere segmenten; daarmee zijn ook de veranderingen

rond de competenties minder ingrijpend dan bij partijen die deze competenties nog moeten opbouwen.

- De sleutel-resources zijn daarnaast ook additionele (interne) financiering die nodig is geworden a.g.v. de businessmodel-verandering.

Drijfveren en barrières

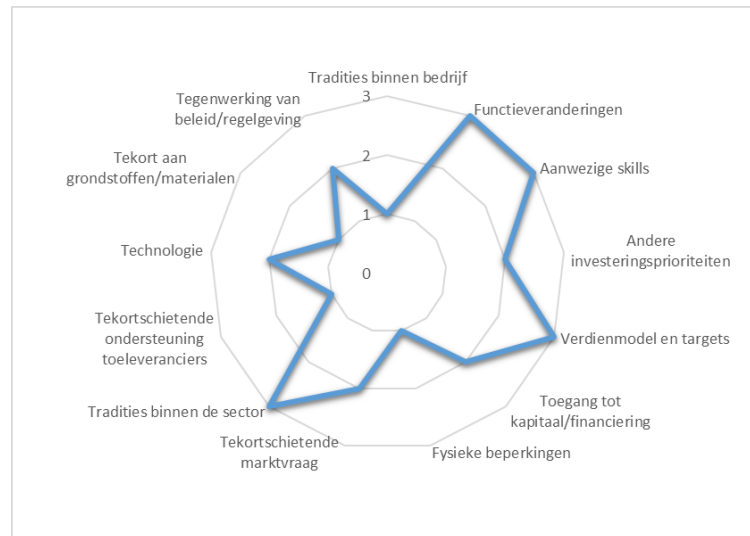
De drijfveren voor VConsys om te werken aan een businessmodelverandering zijn weergegeven in Figuur 43.



Figuur 43 Drijfveren voor servitization bij VConsys

VConsys is sterk intrinsiek gemotiveerd, zowel om bekend te staan als hoogwaardige dienstverlener, als om een rol te spelen op het gebied van MVO. VConsys heeft o.a. een doelstelling geformuleerd om de CO₂-uitstoot met meer dan 10% te verminderen in 2023 t.o.v. 2019. Het SAFE-systeem dat hier het onderwerp is moet VConsys in staat stellen een unieke positie in te nemen in een markt die in wezen uitwisselbare producten gebruikt.

De barrières die VConsys ervaren heeft bij de ontwikkeling van deze businessmodel-verandering staat weergegeven in Figuur 44.



Figuur 44 Barrières bij de ontwikkeling van servitization bij VConsys

De grootste barrières zijn gekoppeld aan de benodigde skills, het verdienmodel binnen het bedrijf en de tradities binnen de sector.

De ontwikkeling van producent/productleverancier naar dienstverlener heeft impact op de nodige competenties binnen de organisatie, waardoor nieuwe functies binnen de VConsys organisatie ontstaan. Dit heeft vanzelfsprekend een stevig gevolg voor het personeelsbeleid.

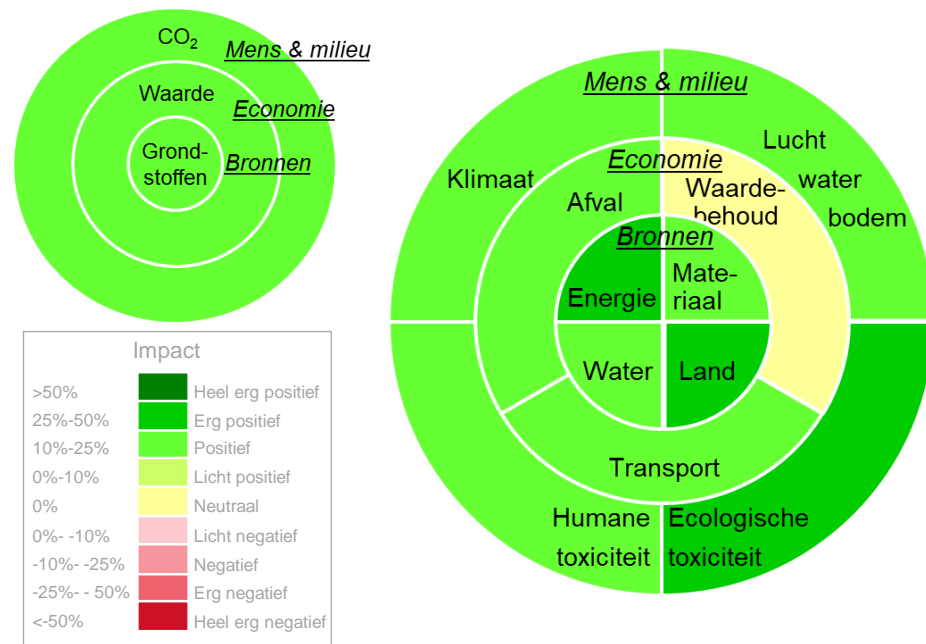
Verder zijn binnen de huidige markt aanbestedingen gefocust op het product en niet zo zeer op de gewenste functie(s). Daarom is een servitizationmodel moeilijk te 'verkopen'. VConsys pakt dit aan door een aantal pilots te draaien om de werking en de eventuele voordelen aan te tonen en deze met de leaduser te delen.

Duurzaamheidsimpact

De duurzaamheidsimpact van een dergelijk nieuw ontworpen ondergrondse container ('Safe') is vergeleken met een referentiecontainer zoals die nu geproduceerd en verkocht wordt. Daarbij is rekening gehouden met de volgende veranderingen in het design:

- Een veranderde materiaalsamenstelling (type en hoeveelheid staal en transport);
- Een veranderde reparatiefrequentie door minder schade door molest (minder materiaal en transport);
- Sensoren, elektriciteitsgebruik en minder transport voor ledigen door het nieuwe meetsysteem.

Analyse door middel van een LCA laat zien dat de uitstoot van CO₂, lucht-, water- en bodemvervuilende en toxische stoffen met 10%-35% afneemt ten opzichte van de huidige containers, met name door een afname aan materiaal en transport voor reparaties.



Figuur 45 Duurzaamheidsimpact a.g.v. redesign van ondergrondse containers bij VConsys

Conclusies t.a.v. duurzaamheidsimpact en randvoorwaarden

De (nadelige) milieueffecten als gevolg van energiegebruik voor datametingen zijn klein t.o.v. de positieve duurzaamheidsimpact als gevolg van de langere levensduur die weer veroorzaakt is door een ander businessmodel en een ander design.

Het effect wordt vooral veroorzaakt door de beoogde reductie in reparatie-activiteiten (materiaal en transport), minder gebruik van zink en het gebruiken van meer al voorverzinkt staal.

3.5.3 Vanderlande: bagageafhandeling as a service: FLEET

Vanderlande Industries (Veghel) is een leidende partij in bagageafhandelingssystemen op vliegvelden.

Vanderlande Industries heeft de afgelopen jaren met een logistieke system-as-a-service geëxperimenteerd in de vorm van de nieuwe ontwikkeling 'FLEET'. FLEET betreft enerzijds de ontwikkeling van autonome 'voertuigen' t.b.v. bagage-

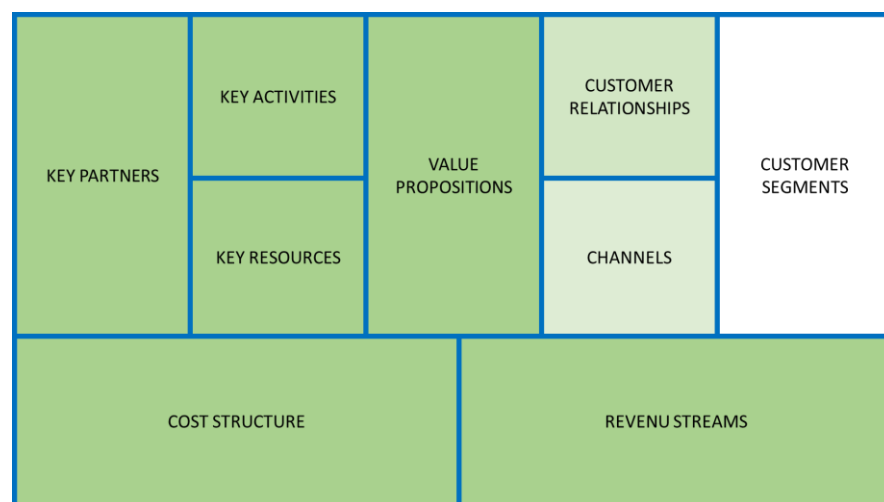


Figuur 46 Fleet van Vanderlande Industries in actie

afhandeling en anderzijds uit een daarmee samenhangende verandering van businessmodel naar een service-model i.p.v. een traditioneel verkoopmodel. Daarbij was het van belang dat circulariteit/duurzaamheid slechts één van de drijfveren was: de belofte van intensievere klantcontacten en een stabielere cash flow droeg bij aan dit commitment. Bij de tamelijk kapitaalkrachtige klanten (vliegelden) geldt overigens dat performance belangrijker is dan het verkrijgen van de goedkoopste oplossing.

FLEET leidt tot hogere asset-utilisatie op vliegelden. Was in het oude systeem de investering gebaseerd op een verwacht piekgebruik gedurende de afschrijfperiode, het modulaire FLEET-systeem kan een meer adaptief model volgen, waarbij op piekmomenten meer autonome transportmodules worden bijgeschakeld.

Impact op de bedrijfsvoering



Figuur 47 Businessmodel Canvas van FLEET

Gezien de beschrijving van de veranderingen is het geen verrassing dat vrijwel alle aspecten van het business model canvas van FLEET sterk aan verandering onderhevig is:

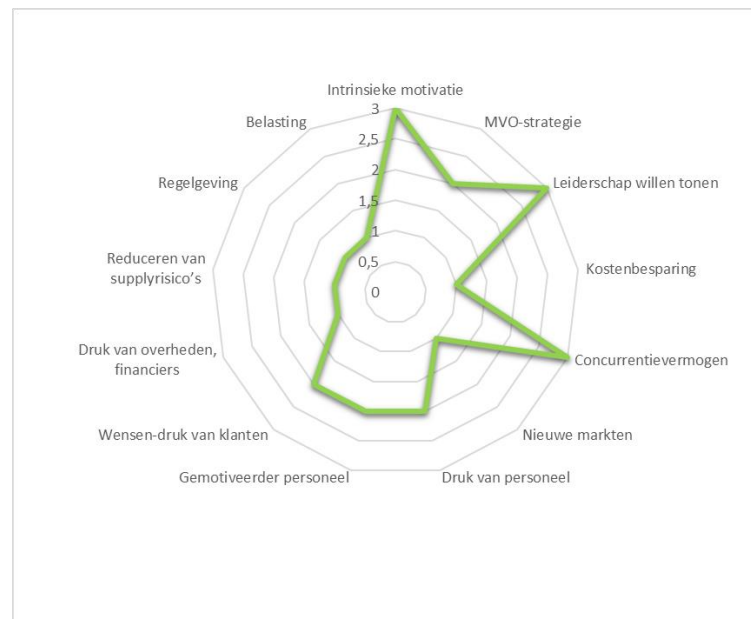
- Het voornaamste is ongetwijfeld dat -binnen hetzelfde segment- de waardepropositie wijzigt: ontzorging van de klant staat nu centraal.
- De kostenstructuur verandert sterk omdat er voor-financiering nodig is
- Tegelijk verandert de aard van de inkomsten omdat er nu een flexibele model wordt gehanteerd en service in rekening wordt gebracht;
- Afgezien van de fysieke veranderingen in het productieproces, vereist FLEET ook een andere marketing en sales
- Alleen het klantsegment verandert niet: het blijven de vliegelden die bagage-afhandeling vragen; de relaties en kanalen om deze klanten te benaderen zullen waarschijnlijk minder aan verandering onderhevig zijn dan de overige hier besproken aspecten.

Drijfveren en barrières

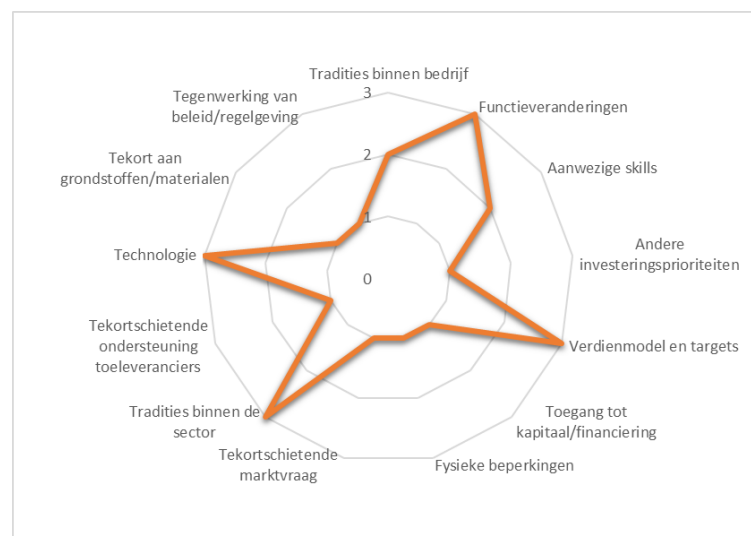
De drijfveren en barrières die Vanderlande ervaren heeft bij de ontwikkeling van FLEET staan samengevat in Figuur 48 en Figuur 49.

Met betrekking tot de drijfveren van deze onderneming valt het volgende op te merken:

- Vanderlande is sterk intrinsiek gemotiveerd: ze zijn de grootste speler in hun segment en al langer bestond de wens om met een nieuw businessmodel te experimenteren; ze willen ook de nummer 1 blijven. Daarom is leiderschap belangrijk voor Vanderlande mede om via innovatie marktleider te blijven
- De interne druk van het eigen personeel is nog geen dominante drijfveer, maar de duurzaamheids- en innovatieaspecten van de innovatie worden wel gebruikt door de recruitmentafdeling. Het blijkt ook dat om mensen te houden innovatie nuttig is: het personeel is trots dat Vanderlande risico's durft te nemen om de marktleiderrol te pakken én te investeren in duurzaamheid. Op dit moment wordt deze 'trots' nog niet gemonitord of gemeten.



Figuur 48 Drijfveren voor Vanderlande



Figuur 49 Barrières voor Vanderlande

Vanderlande ziet met name de volgende barrières voor (de groei van) hun businessmodel:

- De werkwijze rond deze ontwikkeling vergt intern veel veranderingen, bijvoorbeeld op de sales-afdeling
- De innovatie vergde een team met veel disciplines (technisch en commercieel) en daarom is dit team buiten de organisatie gezet om te kunnen functioneren.
- De sector is erg risicomijdend. Zowel rond technologie (bagage mag niet kwijtraken, afbreukrisico) als businessmodel (klanten mogen alleen CAPEX rekenen aan airlines, niet OPEX. Dit is een belemmering). De oplossing hiervoor was om workshops te organiseren en veel validatie te verrichten om potentiële problemen te identificeren, dialoog vroeg aangaan, cocreatie met klanten, richten op early adopters zoals Rotterdam, Lelystad, Hong Kong, London Heathrow airport) daarna smart followers. Dit betrof niet alleen de technologie maar ook het verdienmodel en de targets
- Het gebrek aan harde incentives is een lichte barrière vanwege de interne organisatie. Publieke responsibility ligt bij customer centers: zij bepalen wat er wordt aangeboden en voor welke prijs. Zij zijn financieel gedreven. Innovatie ligt niet in hun belang, zeker niet in vroege ontwikkelfase: dan kost het relatief veel om nieuwe concepten te verkopen. Moeilijk om mensen overtuigd te krijgen om de innovatie naar markt te brengen.
- De technologie vormde een stevige barrière: deze moest in-house ontwikkeld worden. Deels met externe partners (bv. Toyota).

Duurzaamheidsimpact

Een levenscyclusanalyse is uitgevoerd om het gebruik van een traditioneel systeem en het FLEET systeem over een periode van 10 jaar (oftewel het afhandelen van 13.150.000 tassen) op Eindhoven Airport te vergelijken. Hierbij is rekening gehouden met de samenstelling van de transportbanden, sensoren, en de sorteerdere voor het traditionele systeem, en de voertuigen en batterijen voor het FLEET systeem. Elektriciteitsgebruik tijdens het gebruik is meegenomen, waarbij rekening is gehouden met een afname van de batterijprestatie. Voor het onderhoud is aangenomen, dat een FLEET-voertuig 12,5 jaar meegaat met een complete vervanging van de sensoren tussentijds. Een traditioneel systeem heeft een levensduur van 30 jaar, maar volgens Vanderlande is na 10 jaar gebruik het gebruikelijk dat de klant verzoekt om de loopbanden aan te passen omdat de oorspronkelijke configuratie niet meer aansluit bij de behoefte van de klant.

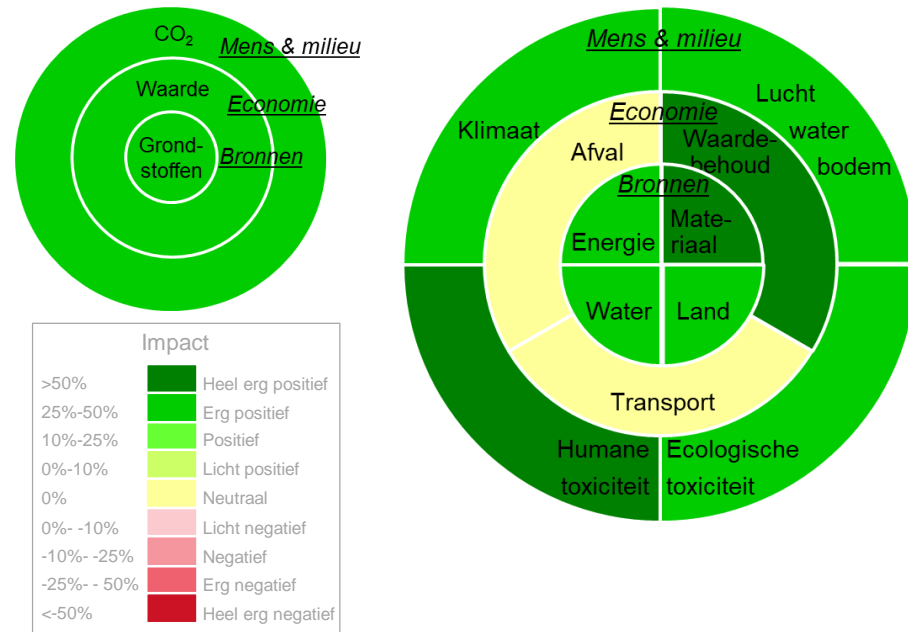
Vaak bedragen de aangebrachte wijzigingen in het loopbandsysteem tot 25% van de aanvankelijk geïnstalleerde structuur, zodat na 30 jaar 50% van het systeem is aangepast met nieuwe onderdelen.

Om in een jaar aan dezelfde vraag als de loopband te kunnen voldoen, moet een vloot van 32 FLEET-voertuigen worden geïnstalleerd. Elke unit van het systeem beweegt onafhankelijk en is uitgerust met een Li-ion-accu plus een aantal sensoren om de bagage te behandelen. Beide systemen maken gebruik van ICT apparatuur.

Resultaten laten zien dat de totale milieukosten met ongeveer 30% afnemen in het FLEET systeem met name door minder vervanging voor reparatie en kleiner energieverbruik tijdens het gebruiksfase t.o.v. de gewone loopband (baseline). Energiegebruik vertegenwoordigt tot 50% van alle milieueffecten tijdens de levensduur van een loopband, FLEET heeft 36% minder energie nodig om dezelfde functie als de loopband te vervullen. Dat leidt tot de daling van CO₂-uitstoot met

36% aannemende dat de efficiëntie van de batterij gelijk blijft gedurende de 12,5 jaar van het FLEET-voertuig.

Het energieverbruik heeft niet alleen impact op de resultaten voor de categorie klimaat maar ook voor lucht, water en bodem omdat veel emissies vrijkomen tijdens de productie van elektriciteit.



Figuur 50 Duurzaamheidsimpact a.g.v. de introductie van FLEET door Vanderlande

Vanuit het materiaal-oogpunt is FLEET ook efficiënter, aangezien er aanzienlijk minder metalen nodig zijn om de 32 FLEET-voertuigen te produceren in vergelijking met de baseline. Een van de belangrijkste aspecten van FLEET die de lagere milieueffecten door het 67% lagere materiaalverbruik zouden kunnen teniet doen, zijn de batterijen die nodig zijn voor elk voertuig. De extra milieueffecten die door de batterijen worden veroorzaakt, wegen echter niet op tegen de milieuvordelen van het gebruik van veel minder metaal. Daardoor wordt een winst van 52% en 38% geboekt bij de humane toxiciteit respectievelijk ecologische toxiciteit effectcategorieën.

Conclusies t.a.v. duurzaamheidsimpact en randvoorwaarden

FLEET-voertuigen zijn een milieuvordelige innovatie bij de bagageafhandeling omdat een FLEET-systeem minder energie en materiaal nodig heeft om dezelfde prestatie te leveren dan de baseline (loopband). Daardoor wordt een gemiddelde milieuwinst van 38% behaald.

De factoren die bepalend zijn voor deze resultaten zijn het 36% lager energieverbruik en 67% minder materiaalgebruik.

Voor FLEET zijn de accu's verantwoordelijk voor 70% van hun duurzaamheidsimpact. In het model werd aangenomen dat accu's dezelfde levensduur hebben als FLEET-voertuigen. Zouden de batterijen tussentijds moeten

worden vervangen, dan levert dat negatieve milieueffecten op t.o.v. de baseline-transportband.

Hier wordt geen rekening gehouden met de mogelijke behoefte aan FLEET-voertuigen tussen vliegvelden te transporteren. Dat is bij FLEET een belangrijk aspect omdat de systeemonderdelen (voertuigen) in het FLEET-businessmodel kunnen worden uitgewisseld, toegevoegd of verwijderd naar gelang de behoeftes van verschillende Vanderlande-klanten die wereldwijd zijn verspreid.

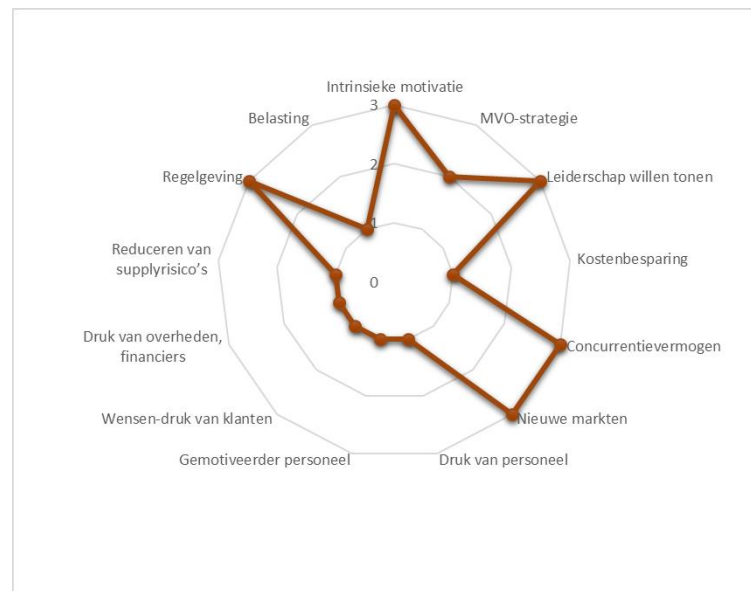
3.5.4 *PrivaECO: klimaatbeheersing als een dienst*

Priva maakt producten en levert diensten voor procesbeheer en klimaatbeheersing in de utiliteit, in de tuinbouw en in de industrie. Priva levert nu nog voornamelijk componenten voor gebouwbeheersing. Tegelijkertijd bekijken ze actief hoe een concept als 'climate-as-a-service' (CAAS) verder ontwikkeld kan worden.

Een vergelijkbaar concept wordt nu ontwikkeld door **ECO** een startup van **Priva**. ECO bouwt digital twins van gebouwen, waarmee scenario's worden doorgerekend ter optimalisatie van comfort en energierekening, inclusief afkoel- en opwarmprofielen van een gebouw. Dat biedt mogelijkheden om te voorspellen met welk tempo je moet verwarmen, maar ook om te identificeren welke apparatuur niet naar behoren functioneert. Data-science is de crux. ECO's verdienmodel is ook verpakt in een service, met abonnementskosten voor het in de gaten houden van de prestatie van de gebouwinstallatie, waarbij ze overigens niet het onderhoud zelf voor hun rekening nemen.

Drijfveren en barrières

De drijfveren en barrières die PRIVA ECO heeft ervaren heeft bij de ontwikkeling van hun klimaatbeheersingdiensten staan samengevat in Figuur 50 en Figuur 51.



Figuur 50 Drijfveren voor PRIVA ECO

Met betrekking tot de drijfveren van deze onderneming valt het volgende op te merken:

- Duurzaamheid geldt binnen PRIVA als geheel als centraal leidend thema, op deze manier ook sterk gestimuleerd door de CEO van dit (familie)bedrijf;
- De druk van personeel of aantrekkelijker worden voor nieuw te werven personeel was in dit geval geen specifieke drijfveer: dit beeld heeft Priva al in de markt, en was dus geen additionele drijfveer voor deze Priva-spin-off.
- (Aankomende) Regelgeving op het gebied van energiebesparing is een belangrijke drijfveer voor de markt om met slimmere oplossingen te komen.



Figuur 51 Barrières die PRIVA ECO heeft ervaren

Met betrekking tot de barrières die deze start-up heeft ervaren valt het volgende op te merken:

- Op zich zou een sales-afdeling het aanbieden van softwareservices in de bestaande kanalen en aan de bestaande klanten aanbieden, waarvoor deze propositie een te geringe waarde zou hebben. Maar door er een startup van te maken en de saleskanalen zelf te ontwikkelen is deze barrière ondervangen; daarmee is er tegelijk een uitdaging ontstaan om in een dergelijk leertraject de juiste skills aan boord te hebben: een kwestie van vallen en opstaan.
- De wereld van gebouwenautomatisering is een tamelijk conservatieve wereld. PRIVA ECO gaat er van uit dat een lange adem en veel bewijsvoering een vereiste is voor marktsucces.

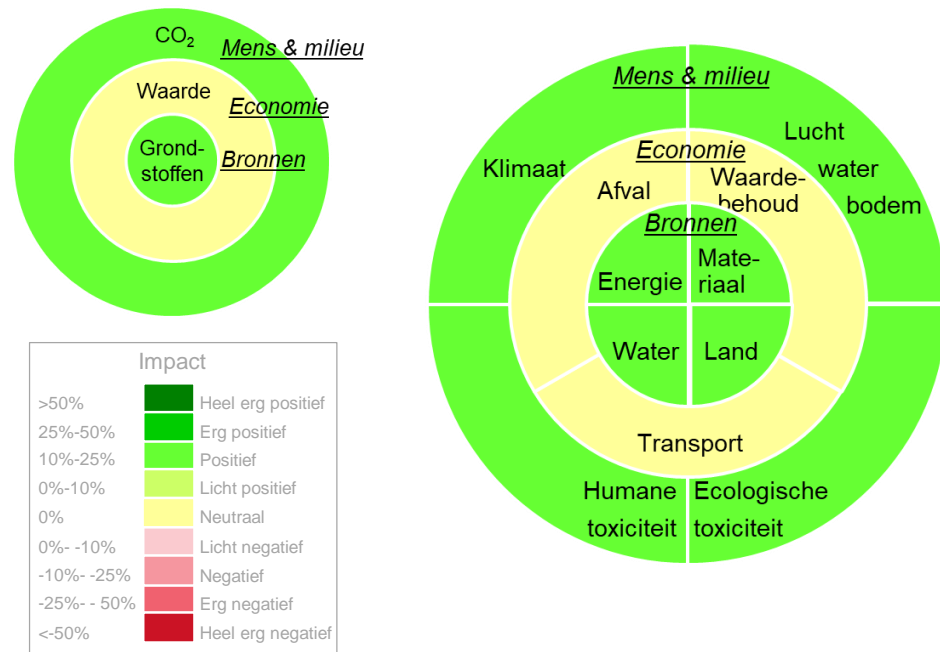
Duurzaamheidsimpact

Het PrivaEco systeem maakt gebruik van apparatuur die al aanwezig is in de gebouwen, er moet eventueel een extra router/gateway worden geïnstalleerd om de data te verzamelen en naar Priva te sturen.

Met de gegevens van het gebouw wordt de digital-twin gebouwd door het Priva smart-systeem dat de ter plaatse beschikbare verwarmingsapparatuur zal beheren, stadsverwarming, warmte-kracht, energie opslag en PV-cellen worden ingezet zodat de duurzamere bronnen het meest kunnen bijdragen aan het gebouw klimatisering waardoor deze op de meest efficiënte manier worden ingezet. Op deze manier is het mogelijk om gemiddeld 20% van het energieverbruik bij een klant te besparen.

In het basisscenario wordt uitgegaan van een kantoorgebouw dat 10.000 kWh/j elektriciteit en 27.000 MJ/j warmte, geproduceerd uit aardgas, verbruikt. Het voor PrivaEco opgezette scenario bevat hetzelfde gebouw maar dan met 20% lager energieverbruik t.o.v. de baseline plus de extra ICT-apparatuur die nodig is om de klantgegevens te verzamelen en naar Priva te sturen. Daarnaast wordt ook rekening gehouden met de ICT-apparatuur die nodig is om de gegevens in de cloud te verwerken en het verwarmingssysteem bij de klant te sturen, dit betreft een desktop computer, een router en een scherm terug geschaald naar een aangenomen gebruik per digital-twin.

De 20% energiebesparing die wordt behaald met het Priva-systeem leidt tot een CO₂-equivalent uitstoot die 19% kleiner is dan in de baseline. Gemiddeld scoort het PrivaEco systeem 15% beter dan de baseline voor alle categorieën. De toxiciteitscategorieën worden vooral beïnvloed door het materiaalgebruik en omdat er aangenomen wordt dat er ICT apparatuur nodig is, zijn de milieuvoordelen in deze categorieën iets kleiner, bijv. 9% voor ecotoxiciteit van zoet water.



Figuur 52 Duurzaamheidsimpact a.g.v. klimaatbeheersing door Priva ECO

Conclusies t.a.v. duurzaamheidsimpact en randvoorwaarden

Door het gebruik van de digital twin om het energieverbruik van kantoorgebouwen efficiënter te maken, kan een aanzienlijke hoeveelheid elektriciteit en gas worden bespaard. In dit geval leidt de inzet van het systeem tot een reductie van 19% van de CO₂-equivalent uitstoot en 9% lagere ecotoxiciteit van zoetwater. Het is cruciaal om op te merken dat de inzet/gebruik van de cloud omgeving ICT-apparatuur die nodig is om de digital-twin te draaien de potentieel heeft om milieuwinst tenietdoen.

In het geval dat het gebruik van ICT en data feitelijk 5x hoger is dan de huidige aanname, kan dit milieuwinst omzetten in milieuverlies.

3.5.5 *Alkondor Hengelo: gevels-as-a-service*

Alkondor Hengelo ontwikkelt en maakt gevels van voornamelijk aluminium en glas. Alkondor Hengelo stopt heel veel effort in de ontwikkeling van haar systemen en verwerkt steeds meer sensoren in haar gevels die enerzijds voor functionaliteit zorgen en anderzijds kunnen aangeven of er onderhoud nodig is. Er zitten bijvoorbeeld sensoren in de motortjes die ramen open kunnen zetten, waardoor bekend is hoe vaak deze zijn ingezet en welke motor wanneer gesmeerd moet worden.

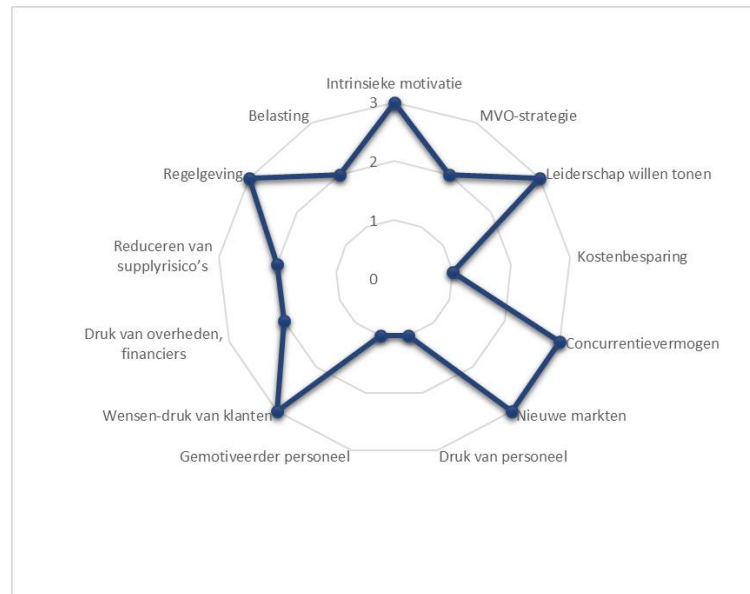
Samen met een toeleverancier wordt gewerkt aan een sensor die luchtvochtigheid meet t.b.v. optimale ventilatie. Inmiddels is de ontwikkeling van sensoren zover dat deze allemaal draadloos werken, met een heel beperkt energieverbruik. Alkondor Hengelo heeft nu een systeem ontwikkeld waarbij alle geveldelen geïdentificeerd worden en worden opgenomen in een database. Daarmee kan een kwaliteitssysteem van geveldelen worden opgezet.

Daardoor overweegt Alkondor Hengelo steeds meer de gevel als een service aan te bieden bijvoorbeeld op gebied van energiebesparing of ventilatie. Samen met de TU Delft heeft Alkondor Hengelo gewerkt aan een project gevel-as-a-service: DyFaas (Dynamic Facades As A Service). Hierin is een gevel ontwikkeld voor een gebouw van de TU Delft (CITG). Daarbij was het uitgangspunt dat de TU Delft deze gevel niet zou kopen maar zou afnemen als een service gedurende 15 jaar waarin de gevel dan afbetaald kon worden. In dit specifiek geval, was het uiteindelijk om juridische redenen niet mogelijk om van deze optie gebruik te maken maar voor andere klanten wel.

Naast de inzet van sensoriek om de gevelprestaties te kunnen volgen, is het uitgangspunt ook dat het element op element-niveau demontabel is, met een garantie op hergebruik op lange termijn. Het is daarna eventueel mogelijk om de gevel (of delen daarvan) voor een ander project te gebruiken. Alles is zoveel mogelijk gebaseerd op een modulaire maatvoering. Alkondor Hengelo probeert zoveel mogelijk te standaardiseren, ook om de kansen voor commercieel hergebruik te vergroten.

Drijfveren en barrières

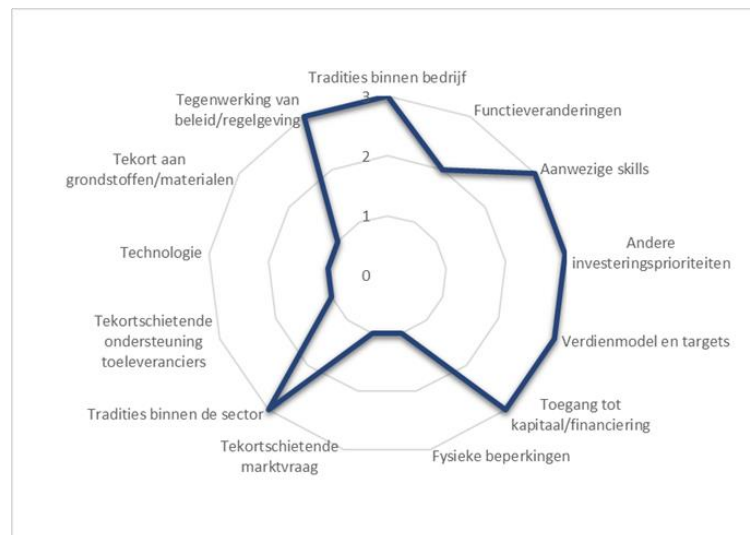
De drijfveren voor Alkondor Hengelo en de barrières waar het bedrijf tegen aan liep bij de ontwikkeling van gevels-as-a-service staan samengevat in Figuur 53 en Figuur 54.



Figuur 53 Drijfveren voor Alkondor Hengelo

Alkondor Hengelo constateert dat intrinsieke motivatie onontbeerlijk is om dergelijke ingewikkelde businesscases tot een goed einde te brengen: *“Anders gebeurt er niks en bloeden alle mooie initiatieven altijd weer dood. De huidige business is toch ‘makkelijker’ omdat we dat gewoon goed denken te kennen.”*

Verder draagt innovatie en de wil om leiderschap te tonen bij aan een opvallender en sterkere marktpositie. Klanten vragen steeds meer om totaaloplossingen en deze integrale service-concepten geven daar goede invulling aan.



Figuur 54 Barrières bij ontwikkeling van gevels-as-a-service door Alkondor Hengelo

Duurzaamheidsimpact

De gevel voor het baseline-scenario en de Alkondor Hengelo case is hetzelfde. De verschillen zitten in de langere levensduur als gevolg van smart maintenance en het refurbishen van de gevel aan het einde van de levensduur van de Alkondor-gevel. De levensduur van de baseline gevel is 40 jaar en van Alkondor-gevel 60 jaar met een renovatie-beurt na 30 jaar. Om te grote degradatie te voorkomen en daarmee

refurbishment te ingrijpend te maken moet Alkondor Hengelo ze na 30 jaar gebruik renoveren.

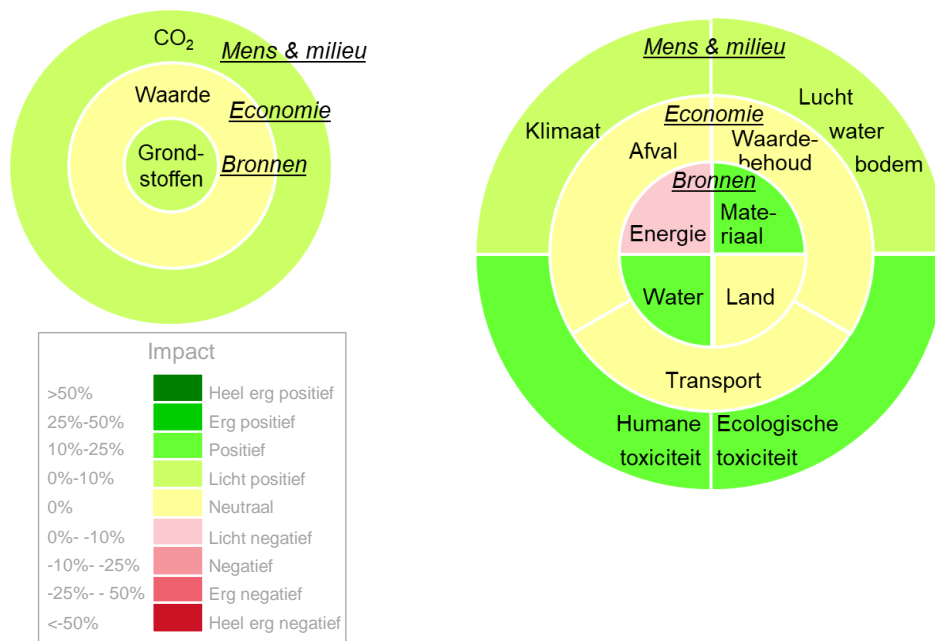
Het is aangenomen dat tijdens de renovatie extra energie en transport nodig zijn. 100% van de polymeer gebaseerde onderdelen (plastics en rubbers), 80% van het glas en 5% van de metaal onderdelen moeten worden vervangen.

De gerefurbishte gevel van Alkondor Hengelo heeft potentieel om gemiddeld 7% geringere duurzaamheidsimpact dan de baseline op te leveren.

Aluminium en glas dragen sterk bij aan de milieubelasting van de gevels. Alle resultaten worden gedreven door impact van het businessmodel op deze twee materialen.

Als 80% van het glas moet worden vervangen, is er meer glas nodig aan het einde van de gevellevensduur in vergelijking met het baseline-scenario omdat de levensduur van de Alkondor-gevels ook 10 jaar korter is.

Dat leidt tot 5% slechtere prestatie qua energieverbruik in de productieketen en verlaagt de milieuvordelen voor de landgebruik categorie die worden gehaald door de besparing van aluminium.



Figuur 55 Duurzaamheidsimpact a.g.v. gevelrenovatie door Alkondor Hengelo

Conclusies t.a.v. duurzaamheidsimpact en randvoorwaarden

Refurbishment van gevels heeft het potentieel om flinke milieuwinst op te leveren afhankelijk van de mate waarin bespaard wordt op de hoeveelheid aluminium en glas. In deze case study weegt het besparen van aluminium en sommige andere materialen op tegen de extra energie en het glas die nodig zijn tijdens de renovatie, wat leidt tot een gemiddelde milieuwinst van 7%.

Voorwaarde is dat de levensduur van de gevels met 20 jaar wordt verlengd t.o.v. de baseline. Het omslagpunt voor Alkondor Hengelo zit bij een levensduurverlenging van 17 jaar en een aandeel van 90% voor glasvervanging voordat de prestatie

slechter wordt dan de baseline bij meerdere effectcategorieën (lucht, water, bodem, klimaat en eutrofiëring van zeewater).

3.5.6 *Aebi Schmidt: wegbeheer-as-a-service*

Aebi Schmidt produceert materieel voor wegenbeheer en gladheidsbestrijding. Digitalisering leidt binnen de producten en diensten van Aebi Schmidt tot grondstofbesparingen bij gebruikers van het materieel. Zo heeft Aebi Schmidt een softwaretool ontwikkeld om routes tot op de meter nauwkeurig te kunnen bepalen en te zorgen voor een zo nauwkeurig mogelijk zoutstrooi-proces. Dat leidt tot vermindering van inzet van strooizout en vermindering van gereden kilometers en hiermee dus brandstof.

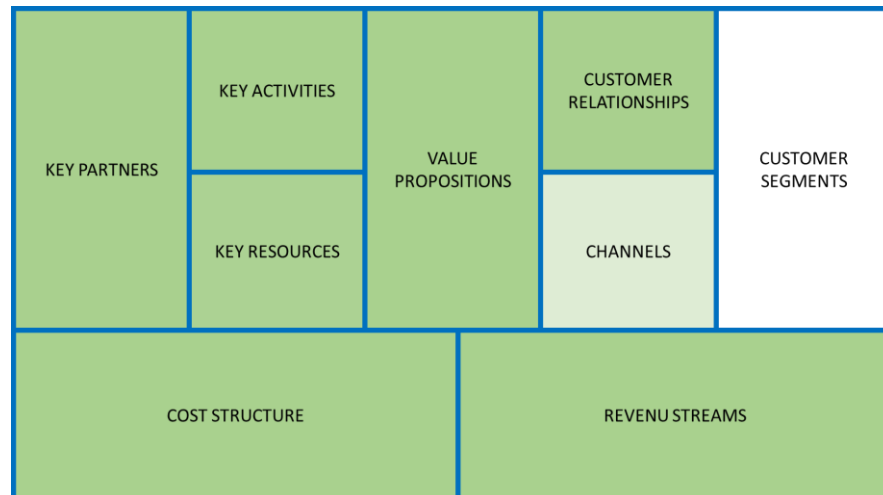
Aebi Schmidt heeft remanufacturing in het bedrijf geïntroduceerd. Aebi Schmidt stelt dat remanufacturing aan de ene kant tot 'kannibalisme' kan leiden, maar aan de andere kant kan het ook eventuele productiedaling opvangen. Dat is beter voor een stabiele werkgelegenheid.

Op dit moment gaat een zoutstrooier 10-15 jaar mee, maar door na 8-10 jaar de machine uit elkaar te halen, te reviseren, en op nieuw op te bouwen met nieuwste software kan de levensduur verlengd worden tot 20 jaar (met dus de nieuwste software geïmplementeerd).

Aebi Schmidt maakt daarnaast een transitie door naar een op servitization gericht businessmodel. De website is daar helder over: *“De filosofie van Aebi Schmidt biedt unieke diensten voor verregaande ontzorging op het gebied van gladheidsbestrijding en straatreiniging. De samenstelling van abonnementsvormen wordt nauwkeurig afgestemd op de wensen en behoeften van uw organisatie. U bepaalt namelijk zelf welke modules in het abonnement worden opgenomen. Effectief en efficiënt. Kenmerkend hierbij is dat u niet investeert in machines of producten maar juist een abonnement afsluit op het resultaat. U sluit bijvoorbeeld een abonnement af voor een veilig gestrooide weg, binnen 2 uur na een sneeuwbuï. Of voor de beschikbaarheid van veegcapaciteit, in de vorm van kleine en/of middelgrote veegmachines. Of voor het opstellen van een beleidsplan. De keuze is aan u!”*

Impact op de bedrijfsvoering

Kenmerkend aan een transitie naar een op service gebaseerd businessmodel is een ingrijpende verandering voor vrijwel alle aspecten van het businessmodelcanvas



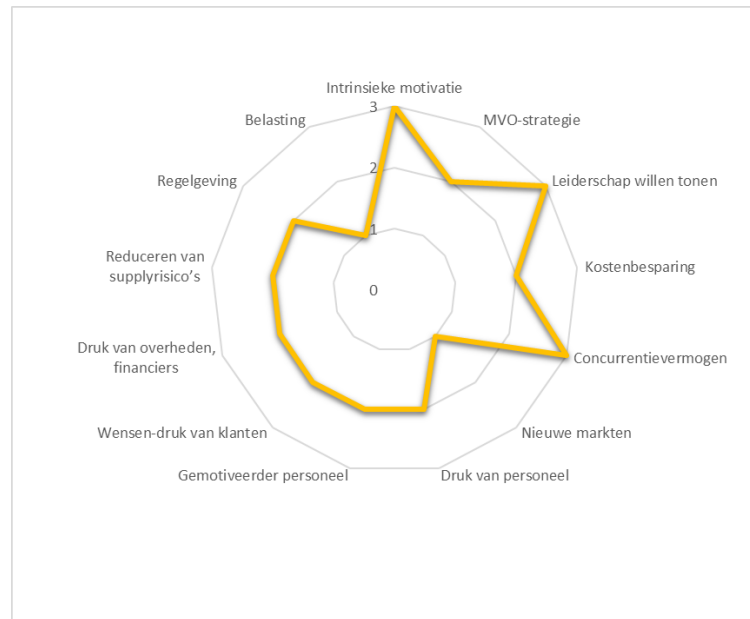
Figuur 56 Impact van verandering van businessmodel voor Aebi Schmidt

Ook hier (net als bij VConsys bijvoorbeeld) geldt dat alleen het klantsegment niet verandert: dit zijn en blijven gemeentelijke en provinciale overheden die verantwoordelijk zijn voor wegonderhoud. De waardepropositie verandert naar een volledige ontzorging van die klanten. Deze transitie is ingrijpender dan de (ook in onderstaande case gebruikte) sensor-informatie die zoutgebruik controleert en de refurbishment van de apparatuur. Deze laatste twee aspecten maken echter wel integraal onderdeel van de BM-verandering. De consequenties van de verandering van waardepropositie zijn:

- Een sterke intensivering in de relatie met klanten
- Een toename van (deel)inkomstenstromen door service fees naast en deel in plaats van directe inkomsten van verkoop van apparatuur
- Daarmee ook een verandering van kostenstructuur, omdat ook in dit geval financiering nodig is en de balans beïnvloedt wordt door de verandering.
- De activiteiten moeten meer ingericht worden op dienstverlening en ook intensieve samenwerking met andere partners in de ontzorgingsketen
- Daarmee is -naast de andere financiële bronnen die nodig worden- ook een sterke verandering nodig op personeelsgebied. De verkoop moet gericht worden op dienstverlening en dat vereist andere competenties dan aanwezig waren.
- Aebi Schmidt moet de complete ontzorging regelen, maar heeft daarvoor partners nodig in een consortium: dit verandert de relatie met partners sterk. Overigens is het design van de apparatuur (nog) niet aangepast aan dit model, dus is de relatie met toeleveranciers nog niet veranderd.

Drijfveren en barrières

De drijfveren voor Aebi Schmidt om te investeren in verandering van businessmodel zijn schematisch weergegeven in Figuur 57.



Figuur 57 Drijfveren voor Aebi Schmidt

Meer in het bijzonder zijn de volgende elementen voor Aebi Schmidt van belang:

- Intrinsieke motivatie is één van de belangrijkste drijfveren: Aebi Schmidt wil voorop blijven lopen en heeft niet afgewacht tot verandering nodig is. Intrinsieke motivatie maakt veranderen makkelijker, dan onder druk van markt of financiële resultaten
- Langs dezelfde lijn is het leiderschap willen tonen/koploper willen zijn een belangrijke drijfveer: Aebi Schmidt heeft een marktaandeel van ongeveer 80% en om dit te behouden is het van belang om koploper te blijven zijn en te voorkomen dat wij in een prijsmarkt terecht komen. Het is m.b.t. concurrentievermogen ook belangrijk om onderscheidend te zijn ten opzichte van concurrenten. Aebi Schmidt wil niet concurreren op prijs, maar meer functionaliteit bieden

De barrières die Aebi Schmidt heeft ervaren zijn weergegeven in Figuur 58.



Figuur 58 Barrières voor Aebi Schmidt

De grootste barrières heeft Aebi Schmidt ervaren rond de interne vraagstukken met betrekking tot tradities, competenties en aanwezige skills. Medewerkers die gewend zijn in machines en specificaties te denken, vinden het vaak lastig om breder te gaan denken in diensten en functionaliteiten. Enkele medewerkers hebben Aebi Schmidt verlaten omdat zij zich niet meer vonden passen bij het vernieuwde Aebi Schmidt en er zijn nieuwe medewerkers aangetrokken met andere vaardigheden en competenties.

Duurzaamheidsimpact

In de levenscyclusanalyse is er dan ook naar drie effecten gekeken om de duurzaamheidsimpact van een gerefurbishte zoutstrooier-as-a-service te beoordelen. Routebegeleiding en – optimalisatie vragen inzet van ‘smart’ tools, maar leiden tot minder inzet van zout en brandstof. Voor levensduurverlenging door refurbishment zijn verschillende opties met een deel van de levenscycli in het buitenland. Daarom is een aantal scenario’s en ranges in levensduren meegenomen in deze analyse. De bijdrage van verschillende acties (routeplanning, refurbishen, gebruik hernieuwbare energie) zijn losstaand geanalyseerd.

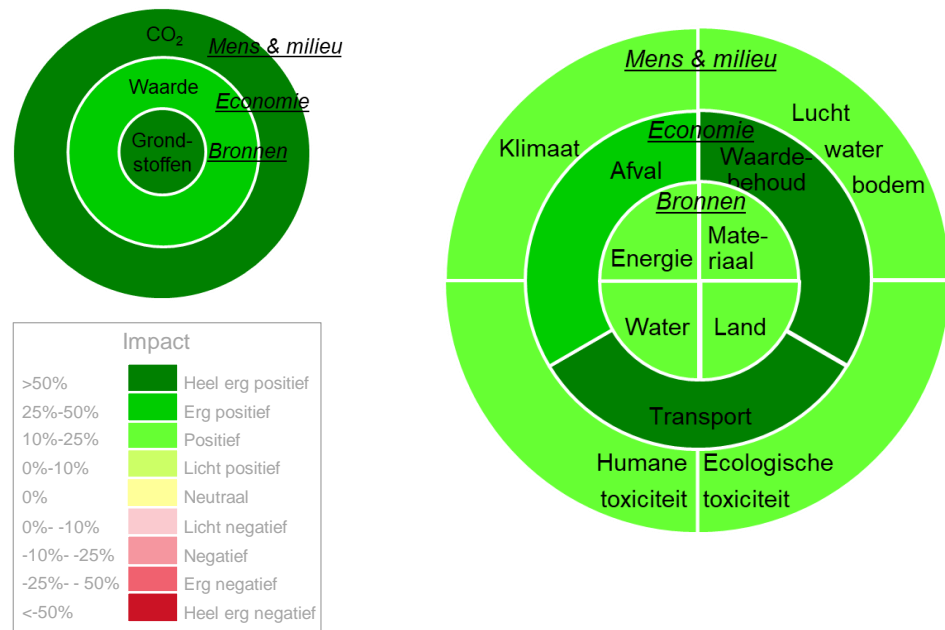
Refurbishen leidt tot een levensduurverlenging van 8 jaar t.o.v. de referentie, dus de machine gaat 20 jaar i.p.v. 12 jaar mee.

Het routebegeleidingssysteem vraagt om de toevoeging van de volgende componenten: 1 router, 2 sensoren met 2 m kabel, 1GB dataverkeer en opslag gedurende een levensduur van 7 jaar.

De inzet van ICT-apparatuur samen met een routebegeleidingssysteem en refurbishment laten de volgende resultaten zien bij de LCA-analyse:

- Route planning kan vooral door het besparen van 65% brandstof t.o.v. de baseline tot een reductie van 50% van de duurzaamheidsimpact leiden;
- Refurbishment kan de impact van de productie en daarmee over de hele levenscyclus met ca. 15% verminderen;
- De inzet van schone energiebronnen, namelijk zonnepanelen, om de productie van zoutstrooiers te verduurzamen levert maar een kleine positieve impact die

praktisch verwaarloosbaar is t.o.v. de milieuwinst die wordt behaald door de besparing van brandstof.



Figuur 59 Duurzaamheidsimpact a.g.v. servitization bij Aebi Schmidt

Conclusies t.a.v. duurzaamheidsimpact en randvoorwaarden

De inzet van ICT apparatuur samen met een routebegeleidingssysteem leiden tot een flinke besparing van brandstof (65%) t.o.v. de baseline, wat tot een grote milieuwinst leidt, namelijk 50% reductie voor alle effectcategorieën, terwijl het refurbishen tot 15% reductie leidt.

Omdat de hoeveelheid bespaarde brandstof zo groot is, zijn de milieueffecten van de extra ICT apparatuur te verwaarlozen.

4 Conclusies en observaties: impact van circulaire innovaties op milieu en businessmodel, drijfveren en barrières

4.1 De impact van circulaire innovaties op milieu en materiaalgebruik

Voor een overkoepelend beeld van de milieu-impact van de onderzochte case studies zijn de resultaten van die 13 cases verzameld in Tabel 4, waarin per type innovatie een overzicht wordt gegeven van de voornaamste kenmerken van de case studies, de impact op de emissie van CO₂-equivalent en de randvoorwaarden waaronder de vergelijking met de baseline tot stand kwam.

Grofweg kan gesteld worden dat alle onderzochte cases tot een significante reductie van milieu-footprint leiden, tenzij door de inzet van nieuwe materialen (waaronder additionele elektronica) op enkele onderdelen een toename van milieu-impact ontstaat.

In de categorie **smart manufacturing** waren Demcon en hun metaalspuitgietschiettechnologie (MIM) samen met KAAK 3D metaalprinten de twee bedrijven die werden onderzocht. Beide productiemethoden bieden de mogelijkheid om producten opnieuw te ontwerpen, zodat dezelfde technische prestaties kunnen worden bereikt met (veel) minder materialen.

Voor Kaak 3D leidt dit tot een reductie van de duurzaamheidsimpact van 20% en voor Demcon een reductie van 22% als dezelfde metaalleggering voor MIM en het baseline scenario wordt toegepast.

De duurzaamheidsimpact van deze metaal-besparende technologieën kan vanzelfsprekend tenietgedaan worden indien (als gevolg van de door de technologie verkregen vrijheidsgraden) van materialen gebruik wordt gemaakt die een hogere specifieke footprint hebben dan het uitgangsmateriaal.

In de categorie **smart maintenance** zetten Remeha en Van Raam slimme onderhoudssystemen in om hun klanten meer efficiëntie en een langere levensduur te bieden. Beide gebruiken veelal ICT-apparatuur die al aanwezig is om op afroep onderhoud te kunnen plegen, waardoor er weinig of geen nieuwe apparatuur geïmplementeerd hoeft te worden. In beide gevallen wordt de impact op het milieu verlaagd doordat er aanzienlijke materiaalbesparingen worden gerealiseerd t.o.v. het basisscenario.

Tabel 4: Overzicht per innovatietype van circulariteitskenmerken en minimale en maximale impact in CO₂-equivalent uitstoot t.o.v. de conventionele baseline, alsmede de randvoorwaarden hiervoor.

Smart innovatie	Smart innovatie bijdrages aan circulariteit en milieu	Impact in CO ₂ -equivalent	Randvoorwaarden
Smart manufacturing	3-D metaal printing of injection moulding maken gebruik van minder materiaal door design optimalisatie en meer efficiëntie.	-71% - -7%	Een groot aandeel materiaalbesparing in vergelijking met de baseline is de “key” voor een betere milieuprestatie. Materiaaltype van belang, inzet van alternatieve metalen kunnen milieuwinst teniet doen.
Smart maintenance	Optimalisatie bij de gebruiksfase van een product, langere levensduur, m.b.v. o.a. sensing & smart logistics	-70% - -45%	Hangt sterk af van de mate waarin levensduur verlengd wordt en in hoeverre materialen of energie worden bespaard door een beter onderhoud.
Remanufacturing & refurbishment	Minder energie- en materiaalgebruik door de vermeden productie van nieuwe apparaten, repair & modulair design	-56% - -27%	Hoe langer de leveranciersketen en hoe meer stappen bij productie plaatsvinden hoe groter het milieuvoordeel is; e.v.t. autonome energie-efficiencyverbetering in gebruiksfase moet gecompenseerd. Edelmetalen en inzet van ICT onderdelen hebben vaak de grootste bijdrage aan milieueffecten dus hun besparing of inzet zijn bepalend voor milieuwinst.
Servitization	Optimalisatie bij de gebruiksfase van een product, o.a. sensing, smart logistics, data management, robotisering, modular design & on demand maintenance	-50% / +15%	Impact gebaseerd op langere levensduur en evt. lager energie Toepassing van electronica kan bijdragen aan grotere milieufootprint.

In de categorie **remanufacturing & refurbishment** vallen onder meer Malvern Panalytical, SNEW, SEW-Eurodrive en Aebi Schmidt. Hoewel hun refurbishmentproces wordt gebruikt voor zeer verschillende producten, hebben ze gemeen dat ze een aanzienlijke hoeveelheid metalen besparen, waaronder (edel)metalen die een zeer hoge duurzaamheidsimpact per gewichtseenheid hebben. Dat wordt bereikt door de levensduur van producten te verlengen of door de onderdelen die ze bevatten te hergebruiken.

De duurzaamheidsimpact van ‘revisie’ was in alle gevallen positief en de mate waarin bleek alleen afhankelijk van het feit of een bepaalde efficiëntie in de gebruiksfase werd gehandhaafd en welk en/of hoeveel materiaal nodig was tijdens de revisie.

Servitization is op zich alleen een (verandering van een) bedrijfsmodel, dat niet noodzakelijkerwijs tot een reductie van duurzaamheidsimpact hoeft te leiden. In deze analyses hebben we servitization-cases onderzocht die op verschillende wijze tot duurzaamheidsimpact leiden. HTC parking&security, Alkondor Hengelo en

Vconsyst dragen met hun redesign van het product bij aan langere levensduur en de mogelijkheid tot refurbishen. Vanderlande zet met een revolutionair design een nieuw businessmodel op voor logistiek op luchthavens. Priva ECO zet met ICT dienstverlening op die leidt tot energie-efficiëntie in kantoren en het businessmodel van Aebi Schmidt leidt tot optimalisatie van routes, vermindering van zoutinzet en refurbishment.

Over het algemeen resulteert hun "as a service" -bedrijfsmodel in een verlenging van de levensduur van hun producten, behalve voor Vanderlande die gebruik maakt van een nieuwe machine met een kortere levensduur maar met een lagere inzet van materiaal en energie. Zo realiseren ze allemaal tot op zekere hoogte materiaal- en energiebesparingen en leveren ze positieve milieuresultaten op.

In een aantal gevallen is op specifieke impact-categorieën de footprint van de casestudy groter dan die van het basisscenario. In deze gevallen gaat het om het toegenomen gebruik van ICT-apparatuur. LCA toont aan dat de inzet van ICT-apparatuur (met name op het gebied van toxiciteit) een nadelige invloed heeft op de milieu-impact vanwege de ICT-productieprocessen en de erin gebruikte materialen. Wat verder niet is onderzocht is of verbeterd onderhoud, of langere levensduur leidt tot een toename van verbruik, bijvoorbeeld door verlaging van gebruiksdrempels, of het mogelijk maken van goedkopere processen en producten (rebound effect). Indien dat het geval is, zal het netto-effect op de milieufootprint kleiner zijn.

4.2 Opschaling: wat betekenen deze innovaties voor duurzaamheidsimpact voor de maakindustrie?

De significante bijdragen per case laten zich niet eenvoudig vertalen naar impact op nationale schaal. Toch is daar een poging toe ondernomen gebruikmakend van de data uit deze studie.

De basis wordt gevormd door een analyse van economische en duurzaamheidsimpact van sectoren a.g.v. activiteiten die in het kader van het Uitvoeringsprogramma Circulaire Maakindustrie UPCM in gang zijn gezet (zie Tabel 5). Hierbij is gebruik gemaakt van een indeling van sectoren op SBI3-niveau.

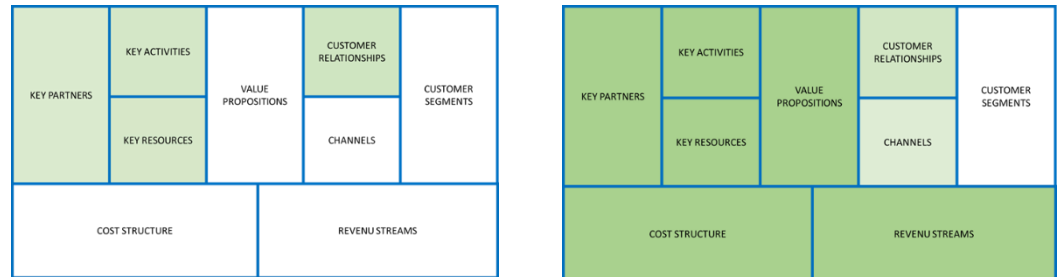
De impulsen van 13 casestudies worden opgeschaald naar SBI2 sectoren. Dit is een grote stap, met alle bijbehorende foutenmarge, maar geeft een eerste richting van de mogelijke impact van de circulaire en slimme innovaties. Deze analyse is gegeven in Tabel 5.

Hieruit blijkt dat vooral de sectoren basismetalenindustrie, metaalproductenindustrie en afvalbehandeling als gevolg van de implementatie van CESI-elementen in het UPCM een stevige bijdrage leveren aan de totale emissie-reductie van iets meer dan 3 Mton CO₂-emissie per jaar.

Tabel 5 Inschatting van impact maatregelen op emissies en materiaalgebruik

	Banen (x 1000)	Aantal bedrijven tussen 0-50	Aantal bedrijven tussen 51-100	Aantal bedrijven >100	Toegevoegde waarde + impact UPCM (mln eur/i)	Huidige CO2-impact (Kton/i)	Autonome reductie door klimaatakkoord (kton/i)	Extra bijdrage UPCM via CESI (kton/i)	Totale reductie klimaatakkoord en UPCM/CESI (kton/i)	Materiaalstromen - vermindering kritieke materialen (kton/i)
20chemische industrie	16	825	65	95	3.381 + 135	6.096	2 537	1	2 538	11.752
22Rubber- en kunststofproductindustrie	40	1.155	85	80	3.102 +248	321	76	58	134	6.349
23 bouwmaterialen-industrie	28	1900	40	45	2.122 + 106	1.774	154	117	271	32.541
24Basismetaal-industrie	24	320	15	40	2.298 + 192	6.966	1 538	557	2 095	23.049
25 Metaalproducten-	116	12.645	215	145	7.302 + 584	478	111	1038	1 149	6.771
26 Elektrotechnische industrie	32	1595	40	45	4.325 + 87	88	19	94	113	1.110
27 Elektrische	25	1205	35	35	3.039 + 91	172	35	10	45	2.717
28 Machine-industrie	106	2.835	165	195	12.387 + 743	274	65	18	83	8.012
29 Auto- en aanhangwagenindustrie	35	680	25	30	3.132 + 31	146	35	49	84	4.066
30 Overige transportmiddelenindustrie	25	1.295	25	35	1.639 + 82	100	21	35	56	117.512
32 Overige industrie	82	5.940	35	105	3.788 + 152 +152	305	71	22	93	3.387
33 Reparatie en installatie	56	9.745	65	60	3.610 + 686	100	24	54	78	0
38 Afvalbehandeling en recycling	25	770	40	50	1.000 + 120	7.350	870	1103	1 973	60.100
Totaal	608	40.910	850	960	+3.157	-2.313	5 556	3 156	8 712	277.366

4.3 Impact op het businessmodel



Figuur 60 Impact op het businessmodel voor opzetten van refurbishment (links) en het opzetten van een servitization-model (rechts)

Voor 9 van de onderzochte cases is bekeken hoe ingrijpend de innovatie was voor de verschillende aspecten van het businessmodel-canvas. Daar zijn grote verschillen waar te nemen. Opzetten van refurbishment is grotendeels een intern gerichte activiteit die niet veel invloed heeft op de klant-relatie of -segmentatie (Figuur 60, links). Daarentegen kan het opzetten van een as-a-service-model zeker als dat gepaard gaat met een redesign van de hardware zeer ingrijpend zijn voor alle aspecten van het gevoerde businessmodel. Daarmee is ook duidelijk dat de impact op de onderneming en op alle facetten daarin (HR, financiering, technologie, marketing en sales) aanzienlijk is en dat een overgang naar servitization vrijwel altijd een complexe netwerk-operatie is, waarin klanten, toeleveranciers en nieuwe partners betrokken moeten worden. Alleen al daarom is het van belang voor toekomstige verbreding van deze circulaire initiatieven oog te hebben voor onderhoud en refurbishment: het lijkt eenvoudiger te implementeren, ook voor kleinere bedrijven, met toch een aanzienlijk milieu-rendement.

4.4 Drijfveren en barrières voor circulaire innovaties: een samenvattend beeld

Voor elk van de onderzochte cases is een beeld ontstaan van de drijfveren om tot innovatie over te gaan en de barrières die daarbij overwonnen moesten worden. Alhoewel het natuurlijk gevaarlijk is te generaliseren op basis van observaties bij 13 bedrijven willen we toch een overkoepelend beeld schetsen, en bespreken in hoeverre bepaalde drijfveren en/of barrières afhankelijk zijn van aard van de smart innovatie of het type bedrijf/de bedrijfsgrootte.

We moeten bij het trekken van conclusies over deze beperkte set observaties natuurlijk voorzichtig blijven. Er is bijvoorbeeld sprake van een 'faalparadox': pilots, projecten en/of veranderingen die zijn mislukt, gestopt of (te) hoge barrières hebben ervaren, zijn niet opgenomen in deze studie: alle bedrijven die zijn geïnterviewd hadden een lopende verandering. Hierdoor is het moeilijk sluitende conclusies te trekken wat er echt níét werkt: mogelijke barrières blijven hierdoor buiten beeld. Desalniettemin is onderstaande analyse een opmaat voor verder onderzoek en begrip voor de ervaringen van een veranderende sector.

In

Tabel 6 is weergegeven hoeveel bedrijven hebben aangegeven of bepaalde drijfveren een sterke (3) dan wel juist geen enkele rol (1) speelden bij de beslissing een innovatie te ontwikkelen. Daarnaast is het gemiddelde gegeven, waaruit de hoogste en laagste drijfveren zichtbaar worden.

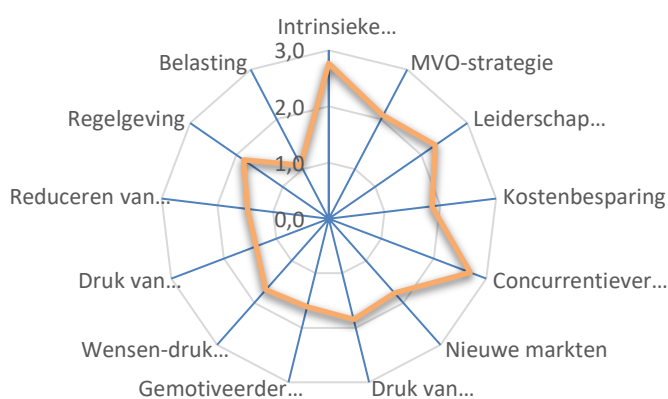
'Intrinsieke motivatie', 'concurrentievermogen' en 'leiderschap willen tonen' worden het hoogst gescoord als drijfveren. In mindere mate wordt ook 'MVO strategie' genoemd als drijfveer. 'Belasting', 'druk van overheden en/of financiers' en 'reduceren van supply risico's' worden het minst genoemd als drijfveer.

Het valt op dat de drijfveren die het hoogst gescoord worden vooral 'intern' gericht zijn (dus minder te maken hebben met drijfveren uit de buitenwereld, zoals belasting). Externe drijfveren bijvoorbeeld door overheidsinitiatieven worden niet ervaren als drijfveer voor verandering.

Daarnaast zijn deze drijfveren allemaal 'strategisch' van aard. Het betreft innovaties die plaatsvinden in een bredere en langere-termijnblik van de onderneming en niet alleen op basis van een kortere termijn analyse van de business case.

Tabel 6 Drijfverenanalyse van de gemiddelden van de 13 geïnterviewde bedrijven: de modus, gemiddelde (1= geen drijfveer, 3 = sterke drijfveer)

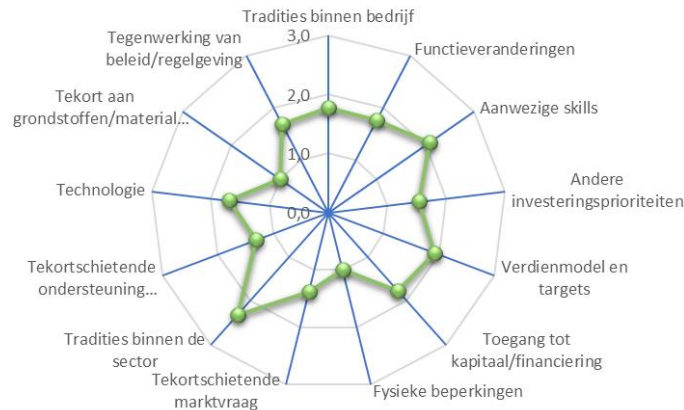
	geen drijfveer	sterke drijfveer	Gemiddelde
Intrinsieke motivatie	1	11	2,8
MVO-strategie	3	4	2,1
Leiderschap willen tonen	3	7	2,3
Kostenbesparing	6	4	1,8
Concurrentievermogen	1	10	2,7
Nieuwe markten	6	3	1,8
Druk van personeel	4	2	1,8
Gemotiveerder personeel	6	1	1,6
Wensen-druk van klanten	6	2	1,7
Druk van overheden, financiers	8	0	1,4
Reduceren van supplyrisico's	8	1	1,5
Regelgeving	5	3	1,8
Belasting	12	0	1,1



Figuur 61 Drijfverenanalyse van de gemiddelden van de 13 geïnterviewde bedrijven (1= geen drijfveer, 3 = sterke drijfveer)

Tabel 7 Barrière analyse van de gemiddelden van de 13 geïnterviewde bedrijven: de modus, gemiddelde en mediaan (1= geen barrière, 3 = sterke barrière)

	geen barrière	sterke barrière	Gemiddelde
Tradities binnen bedrijf	6	3	1,8
Functieveranderingen	6	3	1,8
Aanwezige skills	3	4	2,1
Andere investeringsprioriteiten	7	1	1,5
Verdienmodel en targets	5	4	1,9
Toegang tot kapitaal/financiering	7	4	1,8
Fysieke beperkingen	13	0	1,0
Tekortschietende markt vraag	8	0	1,4
Tradities binnen de sector	2	6	2,3
Tekortschietende ondersteuning toeleveranciers	10	1	1,3
Technologie	6	2	1,7
Tekort aan grondstoffen/materialen	13	0	1,0
Tegenwerking van beleid/regelgeving	6	2	1,7



Figuur 62 Barrière analyse van de gemiddelden van de 13 geïnterviewde bedrijven (1= geen barrière, 3 = sterke barrière)

In

Tabel 7 en Figuur 62 zijn de scores voor de barrières te zien. “Tradities binnen de sector” en “aanwezige skills” worden genoemd als de grootste barrières. In mindere mate wordt ook ‘verdienmodel en targets’ genoemd.

Dit in tegenstelling tot ‘fysieke beperkingen’, ‘tekort aan grondstoffen en materialen’, ‘tekortschietende ondersteuning van toeleveranciers’ en ‘tekortschietende marktvrage’ die weinig of niet gevoeld worden als barrière.

Opvallend is dat de score op ‘aanwezige skills’ als barrière een grote spreiding kent: ‘remanufacturing & refurbishment’ bedrijven (n=3) ervaren dit minder dan de overige bedrijven (zie ‘analyse per business model’ hieronder). Hetzelfde geldt voor ‘tradities binnen de sector’: door alle bedrijven wordt deze relatief hoog beoordeeld, behalve voor de ‘maintenance sector’. Hier wordt in de paragrafen hieronder verder op in gegaan.

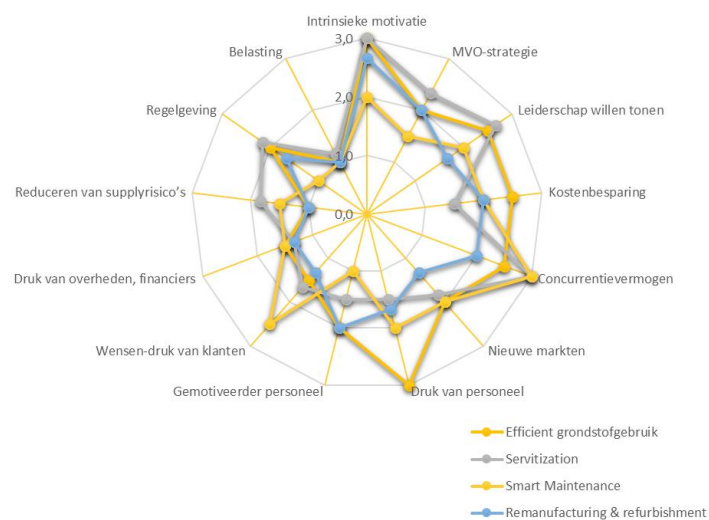
Daarnaast is het interessant om verder na te gaan wat ‘tradities binnen de sector’ omhelst: vooral de ‘servitization’ en ‘remanufacturing & refurbishment’ bedrijven geven aan hier een barrière te ervaren. Dit kan zijn omdat hun bedrijfsveranderingen het meest invloed hebben op (het verdienmodel van) de klant of overige spelers in hun netwerk. Te denken valt hier aan het incorporeren van onderhoud als service: dit zal een onderhoudsbedrijf in de wielen fietsen of niet geapprecieerd worden als de klant zelf het onderhoud al voor zijn rekening neemt. Maar ook het hanteren van TCO-modellen in tender-procedures valt onder deze barrière.

Overigens lijkt een mogelijk ‘tekortschietende ondersteuning van toeleveranciers’ niet aan de orde. Dit kan duiden op een uitstekende, maar ook op een afwezige rol voor die toeleveranciers. We komen hier later nog specifiek op terug.

Deze conclusies zijn ook uitgesplitst naar type innovatie. De resultaten daarvan zijn op gelijke wijze als hiervoor gepresenteerd (zie Figuur 63, Figuur 64, Tabel 8 en Tabel 9).

Tabel 8 Overzicht van gemiddelde gevoelde drijfveren per bedrijfsverandering / nieuw businessmodel (1= geen drijfveer, 3 = sterke drijfveer)

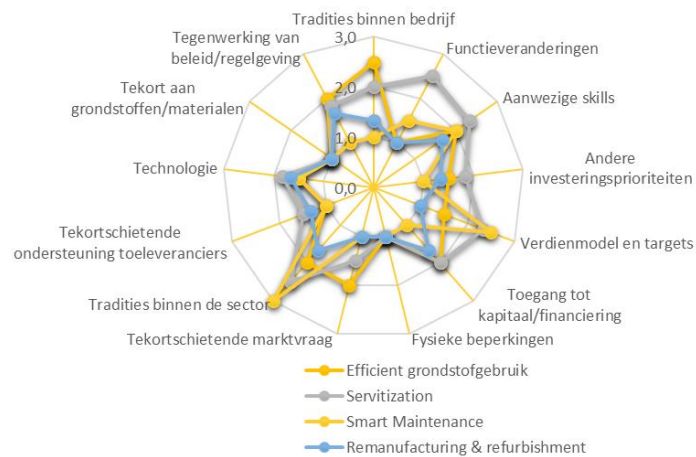
	Efficiënt grondstofgebruik	Servitization	Smart Maintenance	Reman & Refurb
	(n=2)	(n=6)	(n=2)	(n=3)
Intrinsieke motivatie	3,0	3,0	2,0	2,7
MVO-strategie	2,0	2,3	1,5	2,0
Leiderschap willen tonen	2,5	2,7	2,0	1,7
Kostenbesparing	2,5	1,5	2,0	2,0
Concurrentievermogen	2,5	3,0	3,0	2,0
Nieuwe markten	2,0	1,8	2,0	1,3
Druk van personeel	3,0	1,5	2,0	1,7
Gemotiveerder personeel	2,0	1,5	1,0	2,0
Wensen-druk van klanten	1,5	1,7	2,5	1,3
Druk van overheden, financiers	1,5	1,3	1,5	1,3
Reduceren van supplyrisico's	1,0	1,8	1,5	1,0
Regelgeving	2,0	2,2	1,0	1,7
Belasting	1,0	1,2	1,0	1,0



Figuur 63 Drijfverenanalyse van de gemiddelden van de 13 geïnterviewde bedrijven, per bedrijfsverandering / nieuw business model (1= geen drijfveer, 3 = sterke drijfveer)

Tabel 9 Overzicht van gemiddelde gevoelde barrières per bedrijfsverandering / nieuw business model (1= geen barrière, 3 = sterke barrière)

	Efficiënt grondstofgebruik (n=2)	Servitization (n=6)	Smart Maintenance (n=2)	Reman & Refurb (n=3)
Tradities binnen bedrijf	2,5	2,0	1,0	1,3
Functieveranderingen	1,0	2,5	1,5	1,0
Aanwezige skills	2,0	2,3	2,0	1,7
Andere investeringsprioriteiten	1,5	1,8	1,0	1,3
Verdienmodel en targets	1,5	2,3	2,5	1,0
Toegang tot kapitaal/financiering	2,0	2,0	1,0	1,7
Fysieke beperkingen	1,0	1,0	1,0	1,0
Tekortschietende markt vraag	2,0	1,5	1,0	1,0
Tradities binnen de sector	2,0	2,5	3,0	1,7
Tekortschietende ondersteuning toeleveranciers	1,0	1,5	1,0	1,3
Technologie	1,5	1,8	1,5	1,7
Tekort aan grondstoffen/materialen	1,0	1,0	1,0	1,0
Tegenwerking van beleid/regelgeving	2,0	1,8	1,0	1,7



Figuur 64 Barrière analyse van de gemiddelden van de 13 geïnterviewde bedrijven, per bedrijfsverandering / nieuw business model (1= geen barrière, 3 = sterke barrière)

Bij de cases “Efficiënt gebruik van grondstoffen” leiden aanpassingen in het productieproces tot ‘kostenbesparing’ dat dan ook als grote drijfveer genoemd wordt (hoogste gemiddelde over alle businessmodelaanpassingen). Het ‘reduceren van supply risico’s’ wordt daarentegen niet gezien als drijfveer.

De motivatie van het eigen personeel om tot innovatie te komen speelde bij beide cases een grote rol: die motivatie bestaat uit de ambitie om zowel nieuwe technologie te omarmen als processen met lagere footprint verder te brengen. Een innovatieve productietechnologie als 3D-printing moet daarentegen toch interne

barrières overwinnen als de markt overtuigen van voldoende betrouwbaarheid.

De cases rond 'Remanufacturing & refurbishment' geven het creëren van gemotiveerder personeel als relatief grote drijfveer aan, wellicht vanwege het zichtbare 'duurzaamheidskarakter' van deze activiteit. Deze cases geven aan relatief (t.o.v. de andere cases) weinig barrières te ondervinden.

De cases rond Smart Maintenance bieden onderhoud als directe dienst aan voor de klant: het is daarom niet verwonderlijk dat 'wensen / druk van klanten' wordt genoemd als de grootste drijfveer. Verder is 'concurrentievermogen' ook genoemd als drijfveer: verdere verdienstelijking wordt duidelijk gezien als het middel om sterker in de markt te staan.

Dat 'tradities binnen de sector' als sterke barrière wordt gezien heeft te maken met de mogelijke conflicten die kunnen ontstaan door verdringing van bestaande onderhoudsactiviteiten, bijvoorbeeld door het dealernetwerk. Hierdoor wordt ook 'verdienmodel' gezien als barrière.

Servitization-cases betekenen een grote verandering t.o.v. de oorspronkelijke bedrijfsvoering. Geen wonder dus dat interne drijfveren (e.g. 'intrinsieke motivatie' en 'leiderschap willen tonen') hoog scoren. Daarnaast worden ook het 'reduceren van supply risico's' en inspelen op 'regelgeving' meer gevoeld dan bij andersoortige cases. Servitization richt zich duidelijk minder op kostenbesparing. De intensieve veranderingen leiden tot stevige barrières rond 'functieveranderingen binnen het bedrijf' en 'verdienmodel en targets'. Dit is begrijpelijk gezien het feit dat omschakeling naar een 'as a service' business model een grote verandering is binnen de bedrijfsvoering.

4.5 Focus op de rol en positie van de toeleverancier

Waar tijdens eerdere verkenningen toeleveranciers zijn geïnterviewd met als doel te onderzoeken in hoeverre hun activiteiten bijdragen aan meer circulariteit, is in de huidige impactstudie de aandacht vooral uitgegaan naar innovaties bij OEMs. Door deze case kan ten onrechte de indruk worden gewekt dat toeleveranciers geen bijdrage te leveren of kunnen hebben aan het meer circulair worden van de maakindustrie. Het is ontegenzeggelijk wel zo dat het handelingsperspectief anders is: als niet zelf-specificerende bedrijfstak met indirect contact met de eindklant zijn de vrijheidsgraden om naar een op servitization gebaseerd businessmodel bijvoorbeeld geringer dan voor een OEM. Een andere en meer actieve rol van toeleveranciers zou in ieder geval kunnen beginnen met op de hoogte geraken van eventuele duurzaamheidsdoelstellingen bij de OEM-klant (bijvoorbeeld OEMs die aan overheden leveren, waar in toenemende mate eisen aan duurzaamheid van producten worden gesteld). Alleen dan kan aanleiding ontstaan om activiteiten zoals hieronder toegelicht voor het voetlicht te brengen.

De analyse van de drijfveren en barrières die in deze impactstudie is gedaan gaat op enkele punten in op de relatie van OEM met toeleverancier.

Op zich blijkt het 'reduceren van supply risico's' slechts een zeer geringe drijfveer voor ondernemers te zijn (gemiddelde score: 1,5). Aan de andere kant blijkt dat 'tekortschietende ondersteuning toeleveranciers' door vrijwel geen enkel bedrijf genoemd werd als barrière voor het implementeren van een innovatie. Dit kan

natuurlijk twee oorzaken kennen: of de toeleverancier speelde geen kritieke rol bij de innovatie, en/of de ondersteuning van die toeleverancier was voldoende.

Toch is er alle aanleiding om als deel van vervolprogramma's specifiek de aandacht te richten op de toeleverancier als relevante speler in de transitie naar meer circulariteit. Te denken valt o.a. aan de volgende aspecten:

- De introductie van nieuwe productietechnologie (3D, MIM) kan bij toeleveranciers leiden tot revolutie in materiaalgebruik, maar de materiaal- en productspecificaties zullen dan nauwkeurig met klanten moeten worden afgestemd. Het opkomen van deze nieuwe maaktechnologie zal hoe dan ook het maaklandschap veranderen, en toeleveranciers zullen zich daar van bewust moeten zijn;
- Digitalisering en robotisering kunnen leiden tot andere vormen van klantcontacten. Het voorbeeld van 247 Tailorsteel laat zien dat automatische orderplaatsing tot intensievere benutting van assets en materialen leidt. Maar dit voorbeeld laat ook zien dat andere businessmodellen kunnen ontstaan die van invloed zijn op de totale capaciteit van de toeleverende industrie.
- competentie op het gebied van materialen, design en componenten lijkt momenteel niet breed te worden ingezet. Veel wordt gespecificeerd vanuit de OEM, maar er is alle aanleiding om de competentie van toeleveranciers beter te benutten. Focus op Total-Cost-of-Ownership van op servitization gebaseerde businessmodellen kan leiden tot de inzet van hoog-kwalitatieve materialen en componenten. Inzicht en kennis van de toeleverancier zou hier in samenwerking met de OEM moeten worden ingezet. Het is immers maar de vraag in hoeverre OEMs op de hoogte zijn van alternatieve materialen en ontwerp oplossingen. De consequenties van deze intensievere relatie tussen toeleverancier en OEM moeten wel in ogenschouw worden genomen: waar wordt een toeleverancier op afgerekend als door een gezamenlijk traject er minder materiaal nodig blijkt, of materiaal dat aanzienlijk langer meegaat? Wat gebeurt er met de mogelijk bijzondere kennis die een toeleverancier inbrengt in toekomstige inkooptrajecten? Worden andere toeleveranciers -zonder eigen inspanning- ook 'wijzer' gemaakt? Zien OEMs zich door een bijzondere samenwerking gesteld voor een single-supplier-situatie?

Daarnaast zou inzicht in de duurzaamheidsimpact van de OEM in een gezamenlijk traject met toeleveranciers tot verbeteringen en aanpassingen in het ontwerpproces en materiaalkeuze kunnen leiden.

4.6 Conclusie kort samengevat

Op enkele specifieke gevallen na (waar intensief ICT wordt ingezet, of waar alternatieve materialen met hoge milieu-impact worden ingezet) leiden slimme en circulaire innovaties in de maakindustrie tot milieuwinst.

De belangrijkste drijfveren voor de onderzochte smart circulaire innovaties blijken te liggen op het interne en strategische vlak. In het algemeen worden de grootste barrières veroorzaakt door tradities binnen de sector, het verdienmodel en het feit dat andere (niet altijd makkelijk in te vullen) skills en competenties nodig zijn.

De innoverende ondernemer wordt niet snel gestimuleerd door korte termijn externe (beleids-)impulsen. Dat gaat immers te langzaam om in de markt tijdig in te kunnen spelen op nieuwe ontwikkelingen. Het laat onverlet dat dergelijke richtinggevende

rol van de overheid een versnellende werking zou hebben. Dit bleek ook uit een recent studie van Hekkert c.s. naar barrières bij transitie in de maakindustrie¹⁰.

¹⁰ Remi Elzinga, Ton Bastein, Jeannette Levels, Marko Hekkert , Overgang naar een circulaire maakindustrie: een mappinganalyse op basis van het missiegerichte innovatiesysteemraamwerk, TNO 2020 R11713

5 Vervolgstappen

5.1 Verbreding en versnelling: informeren en activeren

Vanaf 2018 hebben onderzoeken in de provincies Gelderland, Overijssel, Noord-Brabant en Zuid-Holland de verbinding tussen de maakindustrie, smart industry en circulariteit op de kaart gezet. We hebben kunnen constateren dat tal van bedrijven in de (brede) maakindustrie activiteiten ondernemen en op innovaties inzetten die een intensiever gebruik van grondstoffen en producten tot gevolg hebben. Dat kan de vorm krijgen van nieuwe productietechnologie waar met minder grondstoffen dezelfde functionaliteit wordt bereikt, door stappen te zetten op het gebied van onderhoud, door actief in te zetten op remanufacturing of dienstenmodellen aan te bieden waarbij intensief en optimaal gebruik van 'eigen' assets voorop staat. Tegelijk hebben we geconstateerd dat in veel gevallen duurzaamheid, grondstofbesparing of circulariteit niet de drijfveer was van deze veranderingen. Vanuit circulair oogpunt zouden veel van deze bedrijven als 'onbewust bekwaam' gekwalificeerd mogen worden.

Het hier gerapporteerde vervolgonderzoek heeft duidelijk gemaakt dat vrijwel altijd deze innovaties ook daadwerkelijk te vertalen zijn naar een duurzaamheidsimpact.

Daarmee vormen deze en vorige studies en verkenningen een belangrijke stap op weg naar een stevige, programmatische aanpak die ervoor moet zorgen dat meer bedrijven zich op de eerste plaats sneller realiseren in hoeverre zij al (vaak zonder het te weten) een tastbare bijdrage aan de circulaire economie en aan meer duurzaamheid leveren. Dat bewustzijn en de opname van o.a. deze resultaten in een meerjarig programma moet leiden tot een verbreding en versnelling van de implementatie van het type innovaties dat hier de revue passeerde. Op kortere termijn zouden de resultaten breed gedeeld moeten worden en opgenomen kunnen worden in publicaties zoals o.a. de CESI Wegwijzer en de website van Circulaire Maakindustrie. Dit heeft niet alleen als doel om bedrijven bewuster te maken van de mogelijkheden die zij hebben om zich duurzaam te ontwikkelen, maar ook voor overheden om hun regionale beleid aan te scherpen. Het inzetten van de zogenaamde 'Circular Value Drivers' en vooral ook de lessen die geleerd zijn uit het overzicht drijfveren en barrières zullen onderwerp van interactieve workshops met maakbedrijven kunnen worden. Het is immers van belang om de bredere voordelen van circulaire innovaties te kunnen duiden om ze vervolgens in strategisch ondernemingsbeleid te verankeren. Daarnaast zal het uitwisselen van ervaringen (bijvoorbeeld over het aanpakken van barrières op weg naar innovatie of over communicatie m.b.t. duurzaamheid) een plek moeten krijgen in een versnellingsaanpak.

Het feit dat voor de analyses hier gebruik is gemaakt van een versimpelde LCA-methodiek zou ook onderdeel van deze verbreding en versnelling kunnen zijn: het zou de voorkeur verdienen indien bedrijven zelf een inschatting kunnen maken van de duurzaamheidsimpact van voorgenomen innovaties (technologisch en qua businessmodel). Daarvoor zou een nadere aanpassing van de hier ingezette methodiek overwogen moeten worden en ingezet moeten worden op kennisoverdracht voor de maakindustrie op dat vlak.

Belangrijk in de analyses die hier gedaan zijn is dat -met een versimpelde LCA-methode- een duidelijk beeld geschetst wordt van de positieve duurzaamheidsimpact (op bedrijfsniveau) van de innovaties bij de onderzochte bedrijven en daarmee ook van de afhankelijkheden en randvoorwaarden waaronder die positieve duurzaamheidsimpact tot stand komt. Zo werd duidelijk dat refurbishment een positieve bijdrage levert als het energieverbruik van de te refurbishen apparatuur niet te snel verbetert, dat de impact afhangt van de werkelijk te bereiken levensduur, en dat additionele inzet van ICT een mogelijk negatieve bijdrage levert. De versnelling die het onderwerp van die programmatische aanpak is, moet rekening houden met de hier waargenomen randvoorwaarden. Daarbij is het belangrijk op te merken dat het gebruik van LCA's niet alleen ten dienste staat van het inschatten van de impact van circulaire businessmodel-innovaties, maar ook (en wellicht vooral) ten dienste van maken van een ontwerp van een product of dienst. De vraag is dan of de kennis, competenties en gereedschappen (zoals CAD) optimaal zijn ingericht om niet alleen energieverbruik mee te nemen, maar ook de consequenties van materiaalkeuzes en andere ontwerpprincipes, zoals verbindingstechnieken. De ontwikkeling daarvan zou onderwerp kunnen zijn van een verdiepende research-agenda.

5.2 Verdieping

Naast een verbreding en versnelling op basis van de al opgehaalde observaties en lessen, vraagt een verdere ontwikkeling van circulariteit in de 'smart' maakindustrie ook om verdiepende activiteiten. Hier zijn verschillende stappen te zetten. Deze stappen dienen gebaseerd te zijn op de uitdagingen die bedrijven, verenigd in nog op te zetten 'communities of practice' voor zich zien. Communities of practice zijn niet alleen in staat om research-agenda's te formuleren, maar ook tot uitwisseling te komen rond de omgang met barrières als "tradities binnen de sector", "aanwezige skills" en 'verdienmodel en targets'.

Verdieping kan verder worden ontwikkeld met een research-agenda rond (de inzet van) digitalisering in de circulaire maakindustrie, in het sneller en gericht adopterende van nieuwe technologie en in het beter grip krijgen op de keten- en netwerk-consequenties van circulaire innovaties.

Het verdient aanbeveling de research-agenda rond digitalisering en servitization nader uit te werken en daarbij nauwe samenwerking met het Smart Industry Programma te zoeken, zodat optimaal gebruik wordt gemaakt van de (technologische) voortgang in dat programma. Het uitgangspunt van deze voorlopige aanzet voor een research-agenda is dat digitalisering een essentiële bijdrage levert aan zogenaamde 'servitization', de verdienstelijking van de samenleving in het algemeen en de maakindustrie in het bijzonder. Servitization kan in principe grote gevolgen hebben voor de milieu-impact van productieprocessen en de inzet van goederen en materialen.

Overigens bleek uit verschillende analyses dat het gebruik van ICT duurzaamheidsimpact met zich meebrengt die de positieve effecten van de onderzochte cases ten dele reduceert. Een beter inzicht in deze effecten zou nader onderzoek verdienen. Zeker omdat de inzet van ICT in de 'smart' maakindustrie de komende jaren alleen maar zal toenemen.

Overigens staat juist deze verbinding tussen digitalisering, duurzaamheid en circulariteit in toenemende mate onder de aandacht getuige recente publicaties van o.a. het European Policy Centre: “Towards a green, competitive and resilient EU economy: how can digitalisation help?”¹¹ en de policy brief van de EC “Responsible digital transformation – the bridge between digital and circular economy policies”. Daarmee is ook duidelijk dat deze verdiepende aanpak aansluiting moet zoeken bij nationale en EU-initiatieven op dat vlak.

Ook grip krijgen op consequenties van een innovatie in een bedrijf op zijn netwerk zal onderdeel van verdieping moeten zijn. Uit de schematische businessmodel-canvasen die in dit rapport zijn geschetst komt al het beeld naar voren dat in veel (maar niet alle) gevallen innovaties van invloed zijn op de klant-relatie, maar ook op de relatie met toeleveranciers. De positie en rol van die toeleveranciers zelf zullen in vervolprogrammering ook aandacht moeten krijgen.

In dit rapport is aangegeven dat alleen gekeken wordt naar de directe impact van innovatie, en niet naar mogelijke additionele positieve of negatieve gevolgen (rebound-effecten) die verderop in de waardeketen zouden kunnen ontstaan. Verlenging van levensduur en beter onderhoud kan de impact van de productie-asset verkleinen (onderwerp van dit onderzoek), maar verderop in de waardeketen kunnen leiden tot meer en goedkopere productie. Om een realistisch beeld te schetsen van de integrale impact zouden de analyses over de hele waardeketen moeten worden gedaan. Dit vereist zowel verdiepend onderzoek op case-by-case-niveau als het grip krijgen op de consequenties op macro-niveau.

¹¹ A. Hedberg, S. Sipka (EPC), Towards a green, competitive and resilient EU economy: how can digitalisation help?, Policy Paper in het kader van het Sustainable Prosperity for Europe Programma, juni 2020

Bijlage 1 Overzicht alle geïnterviewde bedrijven in Gelderland, Overijssel, Zuid-Holland en Noord-Brabant en circulaire aanknopingspunten

		Efficiënt gebruik grondstoffen, componenten en finale producten	Levensduurverlenging van componenten en producten	Shared assets	Product-as-a-service (servitization)
Zuid-Holland	Exasun	Ontwikkeling recyclebaar PV-paneel			
	Valk Welding	Ontwikkeling WAAM	Prestaties lasrobot monitoren		Robotwelding as a service
	Heerema	Hergebruik stalen constructies			
	Koppert Machines		Sensorinformatie t.b.v. diagnose op afstand		
	Priva		Software upgrades van hardware		Climate as a service
	HTC Speedgates		Xense platform voor predictive maintenance		Speedgates-as-a-service
	Huisman	Gebruik WAAM	Rope Monitoring System		
	Royal IHC	Inzet slib t.b.v. geopolymeren	Monitoren slijtage snijkoppen		
	SEW-Eurodrive		DriveRadar t.b.v. predictive maintenance; Geoptimaliseerde refurbishmentlijn		
	Lely		T4C: onderhoud machine en gezondheid koe; Tweedehandsplatform en refurbishment		

	VAF Instruments	Maatsystemen om brandstofgebruik te verminderen			Abonnement op data-interpretatie
	Cosine		In-line productiemonitoring		
	KPN	Herdesign goederen met inzet van gerecycled plastic			
	Royal Flora Holland	Herbruikbare plastic verpakkingen			
Overijssel	Aebi Schmidt		Refurbishment van zoutstrooiers		Wegonderhoud-as-a-service
	Aeronamic	3D printing			
	Alkondor Hengelo				Gevels-as-a-service
	Auping	REVIVE matras t.b.v. recycling			BEdzzzy
	Boessenkool	Machines t.b.v. recycling spuitbussen			
	De Groot		Refurbishment van (delen van) gebouwen		
	Demcon	Metal Injection Moulding, 3D PEEK	Remote servicing (Bond3D, Fingerpress)		Hemics: onstekingswaarde als service
	Elect		Refurbishment en reparatie PCB's o.a. via self-service-kit		
	Kornelis	Minder productiescrap door kortere omsteltijden			
	NXF Filtration		Prestatiemonitoring membranen		
	RCPanels	Minder snijverlies door productie-automatisering			
SV Groep		Preventief onderhoud aan voerrobot			

	Trioliet	optimalisatie feed-gebruik door inzet sensoren	Preventief onderhoud m.b.v. sensoren		
	Vconsyst				BM-verandering door met sensoren uitgeruste afvalcontainers
Noord-Brabant	Vanderlande Industries	Refurbishment-programma			FLEET: nieuw concept
	Sanders Machinebouw	Machines voor Efficiëntere productielijnen			
	SNEW	Refurbishment van electronica			
	Ricoh	Refurbishment van printers	Remote maintenance printers		Serviceconcept van oudsher
	Philips	Refurbishment van medische apparatuur			Servitization in gezondheidszorg
	Malvern Panalytical	Verpakkingen t.b.v. hergebruik; Refurbishment van röntgenbuizen			
	BIC			Gedeelde diensten	
	ENGIE		Onderhoud op afstand van cleanrooms	Onderhoud in BIC	Cleanroom-as-a-service
	Additive Industries	Apparatuur t.b.v. metaal-3D-printing		Additive World platform	
	Vencomatic				Eerste stappen naar inzet data
	Tobroco		Op afstand uitlezen roetfilters	Verhuur van producten	

	NDF Light Solutions		op afstand monitoren van performance-verlies van verlichting		
	Frencken	Refurbishment van high-tech componenten (OPTIWA)	Remote maintenance		
	Bestronics				Richt zich op bedrijven met serviceconcepten
	Atlas Copco	Refurbishment-programma	SmartLink t.b.v. remote monitoring compressoren	Verhuur van producten	
	Bronnenberg	(machines t.b.v.) recycling van metalen; Refurbishment van recycling-apparatuur; Recycling van kritieke materialen			
Gelderland	GOMA Hengelo	3D metaalprinting Efficiënter materiaalgebruik door robotisering			
	VMI Epe	VMI levert apparatuur t.b.v. retreading	Intensieve onderhoudscontracten		Retrofitting
	EPR Nijmegen	Design voor refurbishment		Open voor asset sharing op Health Campus	Actieve refurbishment electronica
	UVS Culemborg		Sensoren voor predictive maintenance		

Van Raam Varsseveld	3D metaal- en kunststofprinting			
Smit Transformatoren Nijmegen		Monitoren van performance		Rewinding trafo's
Nijhuis Doetinchem	Hergebruik materialen uit snijverlies; i-DOSE systeem om inzet chemicaliën bij klanten omlaag te brengen. Valorisatie van afvalstoffen bij klanten.	Intensief onderhoud installed base	Verhuur van volledige installaties	
Bosch Scharnieren Doetinchem	Workflow optimalisatie	Predictive maintenance van eigen equipment door leverancier		
Pentair Fairbanks Nijhuis Winterswijk	3D printing van mallen	Intensieve onderhoudscontracten		
WILA Lochem	3D printing testen	Aankomend inzet van sensoren voor performance	Optimale inzet assets en ruimte (24/7 operatie)	
Kaak Terborg	3D printing	Condition Based Maintenance	Deelgebruik 3D printer	
VDL Weweler Apeldoorn		Predictive maintenance aan eigen machinepark		
Beumer Ede		Condition based maintenance		Actieve terugname Refurbishment

	Remeha Apeldoorn		Preventive maintenance door sensoren		Actieve refurbishment nieuwe ketels
	247 Varsseveld	Snijverlies minimaliseren door 'nesting'		Intensieve uitbesteding en 24/7 operatie is voorbeeld asset sharing	Met sensoren uitgeruste pallets blijven eigendom 247
	ARA Aalten				Refurbishment
	BESI Duiven		Predictive maintenance issue voor IT-industrie		
	Railtechniek Van Herwijnen Tiel		Kwaliteitsmonitoring bij klanten door inzet sensoren		Terugname oude railsystemen voor remanufacturing
	Royal Eijkelkamp Giesbeek	3D printing van kunststoffen	Monitoring op afstand van performance van de sensoren		Verhuurvloot van SonicSampDrill equipment
	MTSA			Deel productie-equipment gedeeld met anderen.	

Bijlage 2 Het Business Model Canvas

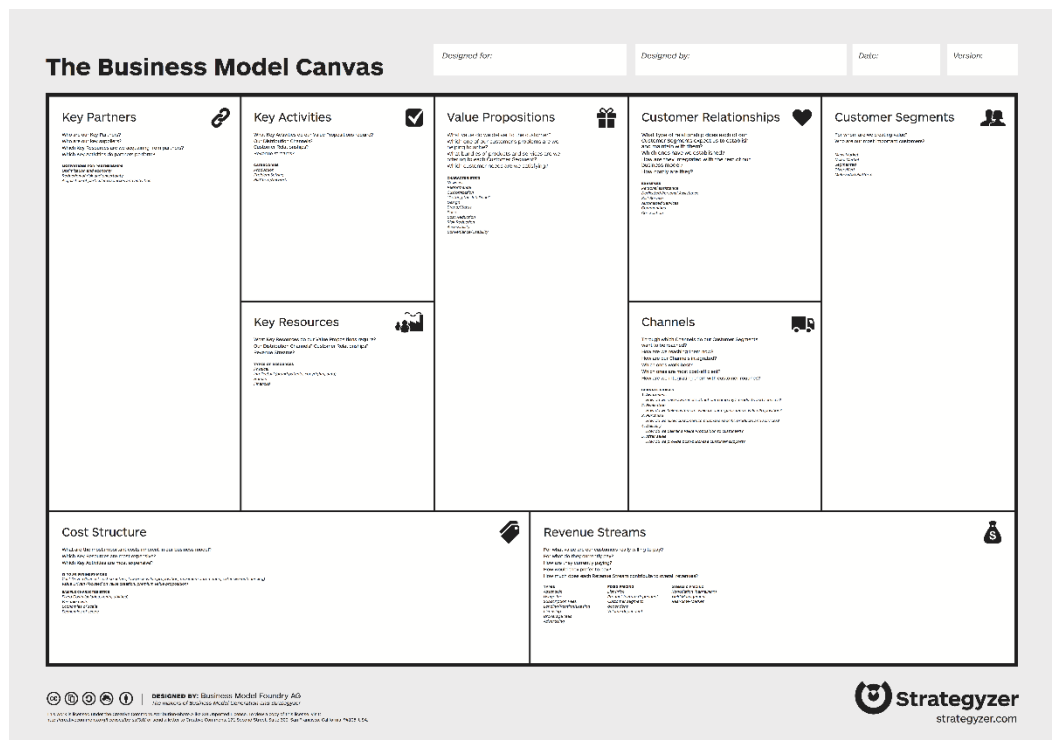
Het Business Model Canvas¹² bestaat uit de vier hoofdgebieden van een onderneming. Deze zijn verdeeld in negen bouwstenen, deze laten de logica zien van hoe een bedrijf geld wil verdienen. De vier hoofdgebieden zijn: klanten, aanbod, infrastructuur en financiële levensvatbaarheid.^[5]

- **Klanten**
 - Klantsegmenten: Om een succesvol bedrijfsmodel te creëren, is het nodig als bedrijf te beslissen aan welke segmenten waarde wordt geboden.
 - Kanalen: Een bedrijf kan zijn waardepropositie leveren aan de klanten door middel van verschillende kanalen. Effectief gebruik hiervan zorgt ervoor dat de waardepropositie snel, efficiënt en kosteneffectief geleverd kan worden. Een organisatie kan zijn klanten door middel van eigen kanalen (zoals winkels), partners, of een combinatie van kanalen bereiken.
 - Klantrelaties: Per klantsegment moet bepaald worden wat voor soort relatie het bedrijf wil aangaan. Er zijn verschillende motivaties voor een klantrelatie: acquisitie, retentie en/of upselling.
- **Aanbod**
 - Waardepropositie: Dit is de reden waarom een klant voor een bedrijf kiest en niet voor de andere. De waardepropositie is een verzameling van voordelen die aan de klanten worden geboden. Deze bouwsteen is verder uitgewerkt in het [Waarde Propositie Ontwerp](#)^[6]
Vragen die hierbij horen zijn bijvoorbeeld: welke klantproblemen helpen wij oplossen? Welke 'customer needs' bevredigen wij? Welke waarde leveren wij de klant? Karakteristieken van die klantwaarde zijn veelkleurig: innovatie, prestatie, turn key, customization, status, prijs, kostenreductie, risicobeheersing, gemak, ontzorging.
- **Infrastructuur**
 - Sleutelactiviteiten: Dit zijn de belangrijkste activiteiten om het bedrijfsmodel te kunnen uitvoeren en de waardepropositie naar de klanten te brengen. Het bevat categorieën als Productie, R&D en probleemoplossend vermogen of het opzetten van verkoopkanalen en gebruikersplatforms.
 - Key resources: Deze bouwsteen beschrijft wat een bedrijf nodig heeft om het bedrijfsmodel uit te kunnen voeren. Dit kunnen zowel fysieke benodigdheden (zoals een kantoor) als niet-fysieke (zoals kennis). Ook de 'Human resources' vallen hieronder, oftewel het (adequate) personeel, als de juiste financiële middelen om de activiteiten te kunnen uitvoeren.
 - Strategische partners: De strategische partners zijn andere bedrijven die helpen om het bedrijfsmodel te laten werken. Hierbij kan gedacht worden aan leveranciers of aan een joint venture.

¹² https://nl.wikipedia.org/wiki/Business_Model_Canvas

- **Financiële levensvatbaarheid**
 - **Inkomstenstromen:** Dit is de manier waarop een bedrijf inkomsten genereert uit elk segment. Voorbeelden hiervan zijn eenmalige betalingen, volume-afhankelijke betalingen of een abonnement.
 - **Kostenstructuur:** Dit beschrijft alle (variabele en vaste) kosten die een bedrijfsmodel met zich meebrengt. Als de waardepropositie bijvoorbeeld gericht is op lage kosten kan het van belang zijn bij deze bouwsteen de kosten zo laag mogelijk te houden en te identificeren waar de kostendrijveren zitten.

Onderstaande figuur is een bekende weergave van het Businessmodelcanvas volgens Osterwalder.



Bijlage 3 Analyse van drijfveren en barrières

Om te kijken of er bepaalde drijfveren en/of barrières worden gevoeld bij de stap naar een nieuw businessmodel of een aanpassing in de bedrijfsvoering, is er een analyse gemaakt van de bij de bedrijven opgehaalde informatie.

Hiervoor is gekeken naar 13 mogelijke barrières en 13 mogelijke drijfveren. In de interviews met de 13 bij dit project betrokken bedrijven is vervolgens gevraagd om deze te beoordelen met een score van:

- 1: geen drijfveer/barrière
- 2: geringe drijfveer/barrière
- 3: sterke drijfveer/barrière

In de tabellen hieronder staan de drijfveren en barrières zoals deze zijn uitgevraagd bij de bedrijven. De drijfveren en barrières zijn geordend van meer 'interne' drijfveren (boven in de lijst) tot 'externe' drijfveren (onderin de lijst). Zo is 'intrinsieke motivatie' een drijfveer die te maken heeft met de interne bedrijfsvoering en zelfs motivatie van (bijvoorbeeld) de directeur-groot aandeelhouder (DGA) en niet gestoeld op veranderingen van buitenaf. Een voorbeeld van een dergelijke externe motivatie is de verwachting dat 'belasting' op grondstofgebruik zal toenemen.

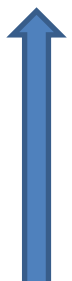
Daarnaast betreffen de drijfveren en barrières verschillende dimensies van de bedrijfsvoering zoals strategische drijfveren, economische drijfveren of drijfveren rondom de supply chain of het personeel.

Tabel: Overzicht van drijfveren zoals uitgevraagd aan de geïnterviewden



<i>Drijfveer</i>	<i>Beschrijving/voorbeeld</i>	<i>Soort drijfveer</i>	
Intern	Intrinsieke motivatie	Overtuiging van eigenaar om bijdrage aan duurzaamheid te leveren	Strategisch
	Business-strategie	Vastgelegd MVO-beleid	Strategisch
	Eigenaarschap willen tonen	Imago van innovator in de markt versterken	Strategisch
	Costenbesparing	Minder inzet van grondstoffen	Economisch
	Efficiëntievermogen	Voordeel door betere dienstverlening	Strategisch
	Verbreiden van markten		Strategisch
Extern	Verandering van personeel	(bestaand en nieuw te werven) personeel geeft aan duurzaamheid belangrijk te vinden	Personeel
	Motiveren van personeel		Personeel
	Verandering van klantendruk van klanten		Relaties
	Verandering van overheden, financiers	Inspelen op nieuwe inkoopbeelden of zelfs verwachting daarvan	Relaties
	Verandering van supply risico's	In het geval van verlengd eigenaarschap van assets	Supplychain
	Verandering van regelgeving	Op basis bestaand of verwachte regelgeving	Regime
	Verandering van belasting	Op basis verwachte regelgeving rond ETS	Regime

Tabel: Overzicht van barrières zoals uitgevraagd aan de geïnterviewden



<i>Barrière</i>	<i>Beschrijving/voorbeeld</i>	<i>Soort barrière</i>

Tradities binnen bedrijf	Interne weerstand: 'zo doen wij dat hier niet'	Interne bedrijfsveranderingen
Functieveranderingen	Ander type dienstverlening verandert rol van design, sales, onderhoud	Interne bedrijfsveranderingen
Aanwezige skills	Andere dienstverlening vraagt andere skills (bijv. ICT)	Personeel
Andere investeringsprioriteiten	Duurzaamheid 'concurrereert' met andere investeringen	Financieel
Verdienmodel en targets	Voorbeelden: Targets inkooporganisatie moeten veranderen, balans verandert	Financieel
Toegang tot kapitaal/financiering	Voorbeeld: uitgestelde cash flow a.g.v. servitization	Financieel
Fysieke beperkingen	Opslagruimte a.g.v. retourstroom	
Tekortschietende markt vraag	Markt heeft geen vertrouwen in gerefurbisht goederen	
Tradities binnen de sector	Sector heeft geen behoefte aan meer diensten i.p.v. goederen	
Tekortschietende ondersteuning toeleveranciers		Supplychain
Technologie	Onvoldoende vertrouwen in data-security	
Tekort aan grondstoffen/materialen		Supplychain
Tegenwerking van beleid/regelgeving	Geen rol TCO in aanbestedingen	Regime

Bijlage 4 Case studies - methodologische stappen

Om de case studies te kunnen analyseren en resultaten te kunnen berekenen zijn een aantal methodologische stappen gevolgd. Dit is gedaan voor alle case studies om ervoor te zorgen dat ze vergelijkbaar zijn.

De analyse is gedaan in drie stappen:

1. Gesprek met deelnemende bedrijven;
2. Cases modelleren en berekenen;
3. Resultaten interpreteren met behulp van een roos grafiek;

1. Gespreken met deelnemende bedrijven

Er werden meer dan 20 bedrijven benaderd om mee te doen bij het CESI fase 2 onderzoek, waarvan 14 contact hebben gelegd met TNO en 13 gegevens hebben geleverd voor case studies. Bedrijven werden minstens drie keer gecontacteerd, een keer om over hun innovaties te vertellen, daarvan een case te kiezen en de reikwijdte van de case studie te bepalen. Vervolgens heeft de dataverzameling plaatsgevonden door telefoongesprekken of e-mails.

Tenslotte werden de resultaten en conceptconclusies naar de bedrijven gestuurd om aannames te bevestigen en hun toestemming krijgen voordat de resultaten definitief werden gerapporteerd.

De interviewvragen werden voor elk bedrijf aangepast om specifiek te zijn voor hun innovatie case study en om de gegevens te helpen verzamelen die relevant waren voor hun specifiek case. In bijna alle gevallen werden echter de volgende vragen gesteld:

- Wat voor functionele eenheid kunnen we gebruiken voor de case study?
- Kunt u een beschrijving van de circulaire innovatie geven?
- Wat zou een goede baseline scenario zijn om de innovatie mee te vergelijken?
- Wat is het verschil met een conventioneel product, systeem of activiteit?
- Zijn er al LCAs uitgevoerd voor deze innovatie?

2. Cases modelleren en berekenen

De case studies worden berekend met een vereenvoudigde LCA methodiek die vaak "screening" wordt genoemd.

Dat betekent dat alleen levensfasen waarin verschillen tussen de baseline en de case worden geïdentificeerd en meegenomen in het model. Het gaat dus om een vergelijkende LCA-analyse.

De doel van elke case study was om te bepalen wat de waarde van een Smart Innovation in het bedrijf is in termen van Circulaire Economie en duurzaamheid (Planet, People, Prosperity).

We doen dit door een vergelijking te maken tussen de situatie met (case) en zonder (baseline) Smart Innovation.

De case study en de baseline werden in gesprek met de betreffende bedrijven gedefinieerd om te verzekeren dat het om echt vergelijkbare scenario's gaat. Dat betekent dat elke LCA heel specifiek voor één case van één bedrijf is.

De datasets die nodig waren om de baseline en de innovatie te modelleren, waren standaard Ecoinvent 3.5-datasets of gewijzigde versies daarvan. De gewijzigde versies zijn standaard datasets met aangepaste inputs van materialen, transport en energie om beter af te stemmen op de door de bedrijven beschreven materialen, producten en processen. Alle datasets die in de

berekeningen zijn opgenomen, zijn geëxtraheerd uit EcoInvent 3.5 cut-off met SimaPro 9.0, hun milieuprofiel is berekend met behulp van Recipe 2016 mid-point indicators (h).

Vervolgens zijn de milieuprofielen verder verwerkt in Excel waar het model is gebouwd. Model betekent in deze context de hoeveelheden die nodig zijn uit elke dataset voor elke onderzochte levenscyclusfase voor een bepaalde innovatie. Nadat het model in Excel was gebouwd en alle milieuprofielen uit simapro waren gehaald, werden ze samengebracht in Excel waar de uiteindelijke resultaatberekening plaatsvond en de Recipe indicatoren werden geaggregeerd in de roos categorieën.

Om alle Recipe indicatoren samen te voegen tot de 8 indicatoren die aanwezig zijn in de roos, werd een set schaduw prijzen voor Recipe 2016 gebruikt. De schaduw prijzen vertegenwoordigen de milieu- en gezondheidsschade van uitstoot. Door ze toe te passen op de Recipe 2016 indicatoren worden alle resultaten omgezet in euro's, zodat ze indien nodig kunnen worden samengevoegd tot één enkele indicator. De algemene resultaten voor de case studies worden als een percentage gecommuniceerd. Dat percentage is een gemiddelde van de resultaten van elke Recipe 2016 impactcategorie ten opzichte van het baseline-scenario.

Het economie deel van de roos werd kwalitatief beoordeeld, het werd als neutraal beschouwd als er geen afwijking bestond tussen baseline en case study, groen als de vraag naar die activiteit afnam, met als gevolg lagere kosten en rood als het toenam, met als gevolg hogere kosten.

De onderstaande tabel laat zien welke Recipe indicatoren zijn geaggregeerd in de impactcategorieën van de (doelgrafiek) en hun respectievelijke schaduw prijzen.

Tabel : Circulaire economie thema's, roos indicatoren en die daaronder geaggregeerde Recipe 2016 effect categorieën samen met hun respectievelijke schaduwrijzen.

Indicatoren				
Circulaire Economie thema's	Roos-indicatoren	Effectcategorie (Recipe 2016 midpoint hierarquical)	Schaduwrijzen	
Natuurlijke hulpbronnen	Mineralen uitputting	Metal depletion	0.09	
	Fossiele energie uitputting	Fossil depletion	0.1	
	Watergebruik	Water depletion	1	
	Landgebruik / biodiversiteit	Agricultural land occupation		0.037
		Urban land occupation		0.037
		Natural land transformation		0.037
Mens & Milieu	Klimaatverandering	Climate change	0.057	
	Lucht-, water- en bodemkwaliteit	Ozone depletion		123
		Terrestrial acidification		8.12
		Freshwater eutrophication		1.9
		Marine eutrophication		3.11
		Photochemical oxidant formation		0.378
		Particulate matter formation		122
		Ionising radiation		0.06
	Ecologische toxiciteit	Terrestrial ecotoxicity		8.89
		Freshwater ecotoxicity		0.369
		Marine ecotoxicity		0.00756
	Humane toxiciteit	Human toxicity		0.158
	Economie	Hergebruik	-	-
Afval		-	-	
Transport		-	-	

3. Resultaten interpreteren met behulp van de roos grafiek;

Uiteindelijk worden de resultaten van de modellen weergegeven op twee roos grafieken. Een gedetailleerde, grote roos met acht categorieën voor Natuurlijke hulpbronnen en Mens & milieu aspecten en drie categorieën voor economische aspecten en een kleine, samenvattende roos met drie categorieën: een voor elke aspect van de circulaire economie, nl. CO₂-equivalent uitstoot, waarde en grondstoffen.

De resultaat voor CO₂-uitstoot is het relatieve verschil tussen casus en baseline-scenario. De andere twee categorieën in de kleine Roos zijn een gemiddelde van de relatieve resultaten voor hun respectievelijke sectie in de grote roos. Kleuren werden toegeschreven aan reeksen relatieve resultaten en toegepast op de roos. Onderstaande figuur laat een voorbeeld zien.

