

Circulaire potentie en de Vingerafdrukmethode



Elmer Rietveld

Ton Bastain

TNO

Juli 2021

TNO 2021 R10860

Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
Postbus 96800
2509 JE Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 00 00

TNO-rapport

TNO 2021 R10860

Circulaire potentie en de vingerafdrukmethode

Technisch Rapport bij de Vingerafdruk-database

Datum	19 juli 2021
Auteur(s)	Elmer Rietveld en Ton Bastein
Aantal pagina's	58 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	2
Opdrachtgever	Ministerie van I en W PBL
Projectnaam	Werkprogramma CE WP5.3b
Projectnummer	

Met dank aan Leo Posthuma (RIVM), Wijnand Broer (CREM), Mark Goedkoop (Pré consultants), Suzanne de Vos-Effting (RWS), Susanne Nusselder (Fagron), Joost Vögtlander (TU Delft), Geert Kooistra (RVO), Jeannette Levels-Vermeer (LBP Sight), Mattheus van de Pol (Min EZK), Florens Slob (vm. TNO), Thijs van de Winckel, Janot Tokaya, Thomas Hajonides van der Meulen, Mara Hauck (allen TNO)

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.

Samenvatting

Het bepalen van de potentie in brede zin voor stappen richting circulaire producten en businessmodellen is een gecompliceerde activiteit. In toenemende mate geven stakeholders aan dat het wenselijk zou zijn om een “quick & dirty” methode ter beschikking te hebben om circulaire potentie te bespreken. Met potentie worden de mogelijk te realiseren effecten van een circulaire economische transitie bedoeld. Hiertoe is de Vingerafdrukmethode ontwikkeld. De methode biedt een basis om voor diverse vormen van impact een ruwe eerste inschatting te maken. De methode gaat uit van productgroepen en hun eigenschappen. Op basis van die eigenschappen en externe drijfveren wordt bekeken hoe toepasbaar een circulaire strategie kan zijn. De externe drijfveren worden door gebruikers geïdentificeerd in een “wat-als-dan” benadering, waardoor in orde grootte de effecten kunnen worden geschat en bediscussieerd.

In dit rapport is gekozen om te focussen op de emissie van CO₂ equivalenten als te behalen effect. Met andere woorden: wat is de CO₂-reductiepotentie per product of productgroep als gevolg van het optimaal toepassen van circulaire strategieën. Die keuze is gemaakt vanwege de volgende redenen. Allereerst is CO₂-reductie een alom als urgent beschouwd milieudoel op dit moment. Daarnaast zijn er diverse bronnen beschikbaar op het niveau van statistische productgroepen, waardoor deze ruwe methode al tot kwalitatief adequate en vanuit verschillende bronnen gestaafde schattingen kan leiden.

De CO₂-potentie inschattingen voor een product of productgroep worden bepaald per circulaire strategie. De circulaire strategieën zijn ontleend aan de zogeheten R-ladder. De circulaire strategieën die in deze methode zijn meegenomen, zijn; intensiever gebruik, langer gebruik en recycling. Daarbij kijken we naar de mate waarin een circulaire strategie nu al is geïmplementeerd en naar de mogelijke groei daarin als gevolg van economische, technologische of op regelgeving gebaseerde drijfveren.

De beschrijving van de methode gaat uit van vier stappen. Ten eerste het bepalen van producteigenschappen, relevant voor het bepalen van de potentie van circulaire strategieën. Ten tweede het koppelen van de producteigenschappen aan circulaire strategieën en bepalen van de optimale en reeds behaalde circulaire potentie. Ten derde het inschatten van de impact van de drijfveren die voor de productgroep en circulaire strategie een verandering ten opzichte van de status-quo aannemelijk maken. Ten vierde het becijferen van de verwachte impact, in deze studie dus de CO₂-emissiereductie impact, op basis van resultaten uit stap 2 en stap 3 en met behulp van een bij dit project behorende excel-based database.

De eigenschappen die van productgroepen worden bepaald in stap 1 zijn de volgende:

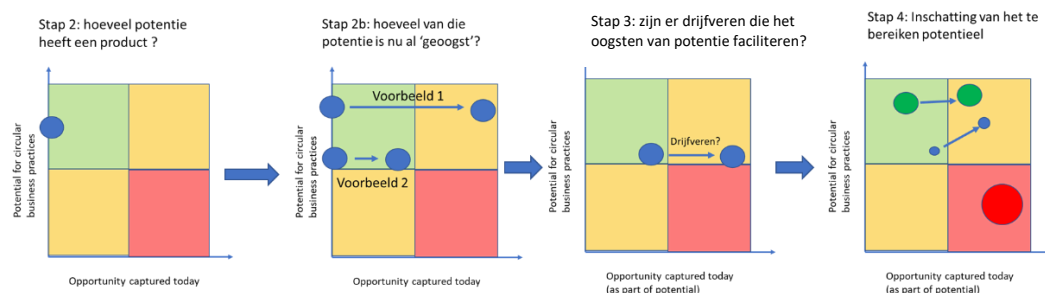
Schaalbare eigenschappen die breed toepasbaar zijn	Eigenschappen die eenduidig wijzen op een toepasbaarheid van een bepaalde circulaire potentie
Gemiddelde prijs product	Is er data beschikbaar van het product, zowel uit productiefase als gebruiksfase?
Levensduur	Is een product in principe gereed te maken voor gebruik door ander persoon/huishouden?
Volume/gewicht per product	Is het product in 5 onderdelen uit elkaar te halen? (modulariteit)
Technische dynamiek, hoe snel gaat de innovatie	Is er sprake van dissipatief gebruik inclusief fossiele brandstof?
Paraat staan, welk deel van de tijd moet het product direct tot de beschikking zijn	Inschatting aandeel materialen in product dat op vergelijkbaar prijsniveau kan worden gerecycled ten opzichte van virgin/primair

In stap 2a worden de relevante eigenschappen aan circulaire strategieën (gebaseerd op de R-ladder) gekoppeld. De eigenschappen van een product bepalen de waarschijnlijkheid dat een bepaalde circulaire strategie potentie kan geven voor het meer circulair produceren of consumeren van een product. De gebruiker van de Vingerafdrukmethode wordt in stap 2b ook gevraagd in te schatten in hoeverre die potentie onder de huidige omstandigheden wordt 'geogst'.

In stap 3 wordt op basis van expert judgements de bijdrage ingeschat van vier potentieel beïnvloedende factoren, de zogenaamde drijfveren. De vier gekozen drijfveren zijn achtereenvolgens: technologisch, economisch, wettelijk en sociaal cultureel. Per drijfveer geeft de gebruiker een beargumenteerde inschatting voor een verandering in het jaar 2030. In deze stap wordt de gebruiker ook uitgenodigd om na te denken of er drijfveren zijn die de koppeling in stap 2 tussen producteigenschappen en circulaire strategieën zouden kunnen veranderen (bijvoorbeeld als gevolg van ontwerpveranderingen).

In stap 4 wordt afsluitend per productgroep de impact bepaald die als gevolg van de geïdentificeerde drijfveren is behaald. In dit onderzoek ligt de focus op CO₂-emissiereductie als impactcategorie. Dit is gedaan door de huidige CO₂-belasting van een product (productgroep of productvolume) te combineren met de inzichten in de verschuivingen die als gevolg van drijfveren ontstaan (uitkomst stap 3).

Deze stappen worden hieronder schematisch weergegeven:



Het is mogelijk de methode toe te passen voor individuele product(groep)en, maar ook voor grote delen van de fysieke economie op basis van overeenstemmende karakteristieken van productgroepen. In het geval dat de potentie voor grote delen van de economie, op macroniveau, wordt bepaald, wordt de potentie van individuele groepen opgeteld. De opgetelde potentie van diverse productgroepen maakt in dat geval een inschatting van de in onze economie besloten impact potentie van een specifiek te behalen doel of effect via een bepaalde circulaire strategie. Tegelijk moeten daarbij de simplificaties in acht worden genomen die de Vingerafdruk methode hanteert: geen aangenomen "rebound" in de vraag naar producten, geen indirecte effecten in de keten, geen basispad scenario etc..

In ons onderzoek maken we gebruik van diverse bronnen voor het kwantificeren van CO₂-coëfficiënten voor het bepalen van de huidige CO₂-belasting van producten en/of productgroepen. We beperken ons in dit onderzoek tot finale producten. Intermediaire producten zijn geen onderdeel van de analyse¹. De gekozen productgroep classificatie is het geharmoniseerd systeem, ook wel bekend als de gecombineerde nomenclatuur (GS/GN). Data van EXIOBASE, EIPRO en Ecolnvent zijn in een database bij elkaar gezet om de gebruiker in staat te stellen de CO₂-coëfficiënten van een product uit de verschillende bronnen met elkaar te vergelijken en zo te komen tot de beste inschatting. Afwijkingen in de classificaties van de gebruikte bronnen zijn daarbij corresponderend gemaakt met de specifieke productgroep in de GS/GN classificatie. **De database wordt per MS Excel beschikbaar gesteld aan gebruikers van de methode.**

De methode kent vanzelfsprekend onzekerheden zoals het gebruik van expert judgement voor het inschatten van potentie en het toekennen van milieu impact op een geaggregeerd productgroep niveau van GN/GS. Dat gaat uit van een algemeen getal voor een productgroep, dat kan afwijken van de milieu-impact van individuele/specifieke producten.

Op basis van feedback van de expertgroep wordt geconcludeerd dat de methode zou kunnen voldoen in het streven om een quick & dirty inschatting te maken die verdere besluitvorming kan ondersteunen. Een definitieve conclusie over de geschiktheid van de Vingerafdruk methode kan op basis van dit rapport niet getrokken worden. Die conclusie kan getrokken worden nadat de methode voor tientallen verschillende toepassingen is getest.

¹ Het meenemen van intermediaire producten maakt dat het optellen van de afzonderlijke productgroepen om te komen tot een landelijke potentie inschatting van een circulaire strategie leidt tot dubbeltellingen, en zodoende een overschatting van de landelijke potentie van een circulaire strategie. De doorrekening van intermediaire producten kan op zichzelf waarde hebben. In dit rapport is daar voorsnog niet voor gekozen.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Context en doel van Circulaire Potentie.....	1
1.1 Noodzaak voor een snelle inschatting van de impact potentie van circulaire strategieën.	1
1.2 Recent werk dat nut en noodzaak van potentie-inschatting aantoont.....	2
1.3 Publicaties over het bepalen van potentieel.....	3
2 Ontwikkeling van de methode voor het bepalen van de circulaire potentie	8
2.1 Bepaling van impact op milieu en broeikasgasemissies	8
2.2 Product classificatie	9
2.3 Fase in keten	9
2.4 Gebruik bestaande databases in Vingerafdruk-database	9
2.5 De Vingerafdrukmethode in vier stappen	10
3 Ervaringen met toepassing van de vingerafdruk-methode: lessen uit case-studies	29
3.1 Borging methode-ontwikkeling door bevragen experts	29
3.2 Gebruik van de vingerafdruk aan de hand van voorbeeldvragen	30
3.3 Vingerafdrukmethode inzetten voor verzamelen expert judgement	31
3.4 Analyse van circulaire potentie voor gehele economie	32
4 Discussie: relevantie en toepasbaarheid van de vingerafdrukmethode	34
4.1 Waar zit onzekerheid?	34
4.2 Hoe moet je de uitkomst interpreteren?	36
5 Aanbevelingen voor een vervolg: verdere ontwikkeling en toepassing van de vingerafdrukmethode.....	38
5.1 Toepassen vingerafdrukmethode in het CE werkprogramma	38
5.2 Vervolgstappen methodiek	39
Literatuur	40
Bijlage(n)	
Bijlage1 Samenhang potentie, circulaire strategieën en waardebehoud	
Bijlage 2 48 productgroepen in detail behandeld met experts	

1 Context en doel van Circulaire Potentie

1.1 Noodzaak voor een snelle inschatting van de impact potentie van circulaire strategieën.

Het bepalen van de richting van circulair beleid wordt idealiter gestuurd door specifieke kennis over milieu-impacts van productie en gebruik van producten, materiaalgebruik voor die producten, bestaande voorraden van producten of inzicht in reststromen aangeboden voor afvalverwerking. En die kennis zou beschikbaar moeten zijn voor een inschatting van de bestaande situatie en over de situatie die ontstaat als gevolg van een circulaire innovatie of circulair beleidsinitiatief. Het verschil tussen die twee situaties zegt immers iets over de potentie van (bijvoorbeeld) beleidsinitiatieven.

Gedetailleerde data om beslissingen over circulaire investeringen en initiatieven te ondersteunen over een (bijna per definitie) brede groep producten en materialen zijn dikwijls afwezig. De methode die in dit rapport wordt uitgewerkt en toegelicht moet het mogelijk maken een ruwe eerste inschatting te maken van de potentie van circulaire maatregelen. Daarbij is het uitgangspunt dat deze informatie methodisch, transparant en replicerbaar kan worden ingezet om richting en gevoel te geven aan betrokken partijen.

Deze eerste inschatting is relevant voor richtingbepaling, maar wordt niet gesuggereerd als vervanging van beproefde onderzoeksmethoden voor het bepalen van impact, zoals bijvoorbeeld de Life Cycle Assessment.

Voorbeelden van noodzaak bepalen circulair potentie

In de afgelopen jaren hebben zich tal van situaties voorgedaan waarin circulair beleid werd ontwikkeld op regionaal, nationaal en Europees niveau. In die situaties was de beschikbaarheid van impact potentie informatie noodzakelijk om doelgericht te kunnen investeren. Bijvoorbeeld:

- Een team actief in het Uitvoeringsprogramma Circulaire Economie dat heeft moeten besluiten tot een projectportfolio voor het komende jaar.
- Een regionale ontwikkelingsmaatschappij die samen met de binnen hun regio aanwezige maakindustrie gericht en onderbouwd enkele icoonprojecten wil starten.
- Beleidsmakers rond de Rijksinkoop die willen verifiëren in welke mate kengetallen overeenkomen met milieu-impacts zoals gebruikt in wetenschappelijke studies.

Het is in deze situaties waardevol om te kunnen beschikken over een methode die producteigenschappen, 'vingerafdrukken', kan identificeren en op basis van die eigenschappen de potentie kan bepalen van beleidsmaatregelen. De vingerafdrukken geven algemene antwoorden over circulariteit en helpen om specifieke vragen te stellen die **vervolgens door verder onderzoek beantwoord** moeten worden.

Het schetsen van circulaire potentie is iets dat op tal van plaatsen en manieren heeft plaatsgevonden. We komen daar in paragraaf 1.3 in enig detail op terug.

Een van de hoofddoelen van het circulaire-economie-beleid is het reduceren van de milieu-impact die voortkomt uit de consumptie en productie van de goederen die

ons dagelijks leven vormgeven. De circulaire potentie moet dus bij voorkeur geïnterpreteerd worden als potentie om negatieve milieu-impact te reduceren.

Doorgaans worden milieu-impacts bepaald door middel van een LevensCyclusAnalyse (LCA). Het volledig uitvoeren van LCA-methodieken kan een doorlooptijd (enkele weken) en een budget (al snel meer dan 10.000EUR) vergen. En dat kan verhinderen dat een beslissing wordt ondersteund door een op maat gemaakte LCA-studie en daarmee goed onderbouwde informatie. De benodigde kennis maakt het voor organisaties bovendien niet eenvoudig om zelf een LCA in detail op te stellen of te doorgronden. Daarnaast kan men zich voorstellen dat het onhaalbaar is als voor bijvoorbeeld alle producten beschreven in beleidsdocumenten op Rijksniveau een LCA zou moeten worden uitgevoerd voordat een goede keuze voor gericht beleid kan worden gemaakt. Als we een eerste filter zouden kunnen toepassen op het niveau van productgroepen waarvoor bepaalde strategieën impact zouden kunnen hebben, wordt het mogelijk een snelle eerste toets te verrichten of de bewuste strategie voldoende impact heeft en op welke producten. Dat kan op zijn beurt weer leiden tot prioritering van (bijvoorbeeld) onderzoeksmiddelen. Dat filter maakt het ook mogelijk inzichten die gebaseerd zijn op de analyse van de impact van strategieën op individuele en gedetailleerde LCA's te extrapoleren naar een bredere groep product(groep)en.

Het is ook mogelijk om, naast milieu-impacts, andere (door circulaire economie beleidsdocumenten) gestelde doelen in een potentiebepaling op te nemen, zoals bijvoorbeeld materiaalbehoefte, leveringszekerheid, acceptabele arbeidsomstandigheden, economisch belang en waardebehoud. Indien materiaalgebruik of leveringszekerheid het doel van de analyse is, lijkt het vanzelfsprekend essentieel dat een goede koppeling is gelegd tussen materiaalgebruik, (met bijzondere aandacht voor kritieke materialen die onderhevig kunnen zijn aan problemen rond leveringszekerheid) en productgroepen zoals gedefinieerd op macroniveau. De monitor materiaalstromen van het CBS maakt het bijvoorbeeld mogelijk de verbinding te leggen tussen materialen, de producten waarin deze materialen zijn toegepast en sectoren die met deze producten verbonden zijn.

Het doel van de studie is aldus om een transparante, repliceerbare methode te ontwikkelen die snel inzicht kan bieden in de potentie van circulaire strategieën om bij te dragen aan de doelen van het CE-beleid, op basis van producteigenschappen en drijfveren voor verandering

1.2 Recent werk dat nut en noodzaak van potentie-inschatting aantoont

De maatschappelijke bewustwording over de noodzaak om binnen de grenzen van onze planeet te gaan leven is de afgelopen jaren sterk toegenomen. Deze noodzaak komt naar voren in beleid van internationale klimaatafspraken, reclameuitingen naar huishoudelijke consumenten en beleid van nationale overheden. Zodra deze krachten zich vertalen in maatschappelijke doelstellingen, zijn keuzes nodig die het mogelijk maken om de doelstellingen te halen. Zowel bedrijfsleven als overheden zoeken naar transparante informatie over de 'potentiële' milieu-impact van 'circulaire' product- of procesinnovatie. De potentie om de milieu-impact van producten te verbeteren bepaalt immers het tempo waarmee duurzaamheidsdoelstellingen gehaald kunnen worden.

In het werkprogramma monitoring en sturing circulaire economie (MSCE) lopen naast dit project nog twee andere projecten die de impact van producten onderzoeken. Eén project richt zich op de voetafdruk (i.e. de emissie van broeikasgassen over de gehele productieketen) van producten ingekocht door het Rijk. Een ander project bepaalt de voetafdruk van de consumptie van Nederlandse huishoudens.

Voor het produceren van vergelijkbare LCA-studies wordt op Europees niveau sinds 2005 gewerkt aan de Product Environmental Footprint (PEF). Deze inspanningen leiden tot een uniforme methode met bijbehorende data om alle producten in onze Europese samenleving te beoordelen op hun milieu-impact. Deze gegevens kunnen ook dienen als een manier om de milieu impact potentie van circulaire strategieën te bepalen, alhoewel de vereiste inspanning vergelijkbaar is als die voor het uitvoeren van een LCA

1.3 Publicaties over het bepalen van potentieel

Het meten van de huidige staat van een circulaire economie is één ding, het is iets anders om het milieu impact strategieën voor producten te bepalen. Hieronder volgt een overzicht van gepubliceerd werk dat het bepalen van de milieu impact potentie als basis heeft, gezien vanuit producteigenschappen, IO analyse, microdata en expert judgement.

Potentie op basis van product eigenschappen

De Ellen MacArthur Foundation (EMF) publiceerde in 2012 haar eerste rapport omtrent de circulaire economie: TOWARDS THE CIRCULAR ECONOMY - Economic and business rationale for an accelerated transition. De EMF stelt daarin dat het hart van de kansen die zij signaleren ligt bij zogenaamde “**Medium-lived complex products**” . Het gaat dan om producten die “ *are in use for a short enough timeframe that they are subject to frequent technological innovation, but long enough that they are not subject to one-off consumption. Most products in these sectors contain multiple parts and therefore are suitable for disassembly or refurbishment. Finally, this portion of the economy is quite large (...) The eight sectors (...) are as follows: machinery and equipment; office machinery and computers; electrical machinery and apparatus; radio, television, and communication equipment and apparatus; medical, precision and optical instruments, watches and clocks; motor vehicles, trailers, and semi-trailers; other transport equipment; and furniture and other manufactured goods.*”

Aan de hand van enkele uitgewerkte cases (mobiele telefoon, bestelauto's, wasmachines) wordt in deze EMF-studie vervolgens een analyse gemaakt van de potentie van de besparingen als gevolg van een circulaire economie. De lessen uit deze case studies worden vervolgens geprojecteerd op tal van andere producten, en de resultaten van deze lessen geplote in een matrix die enerzijds aangeeft wat het totale circulaire potentieel is, uitgezet tegen de mate waarin dat potentieel nu al 'geogst' is.

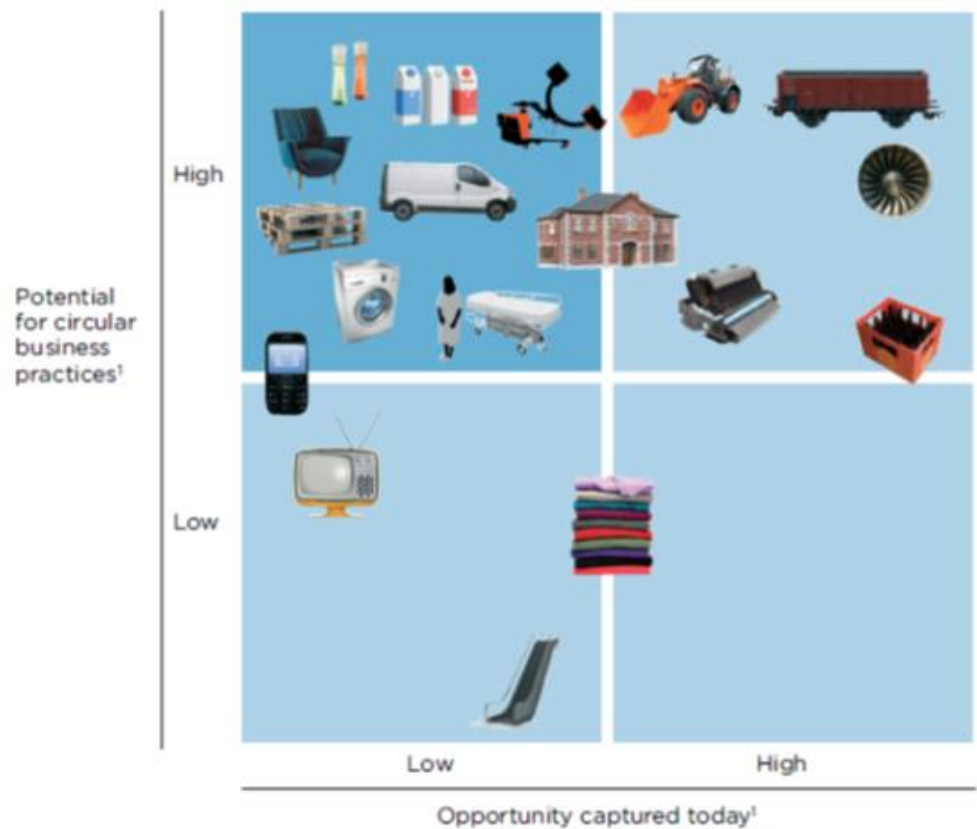
De belangrijkste productkarakteristieken die de EMF identificeert zijn:

- Geschiktheid van ontwerp:

- Geen gebruik toxische materialen;
- Eenvoud van ontmanteling;
- Modulaire opbouw.
- De aanwezigheid van een reeds ontwikkelde hergebruik-infrastructuur
 - Efficiënte collectie en transport;
 - Bestaande behandelingsinfrastructuur.
- De mate waarin een circulaire businesspraktijk al is ingevoerd en omarmd door klanten (een hoge mate duidt op een geringe potentie)
- Geschikt voor transitie van eigendoms- naar gebruiksrelatie, bijvoorbeeld op basis van gebruiksfrequentie vs. TCO (*total cost of ownership*).

De resultaten van deze overwegingen door de EMF zijn weergegeven in Figuur 1. Producten in het kwadrant linksboven representeren volgens de EMF de meeste potentie: er is potentie die op dit moment nog niet volledig is geoogst. Daarbij horen verpakkingsmateriaal, ziekenhuisbedden, bouw-equipment, zware machines en luchtvaart (alhoewel de laatste drie categorieën al ontwikkelde business modellen lijken te hebben ontwikkeld).

Tegelijk geeft het schema impliciet aan dat het mogelijk is dat voor sommige producten bepaalde circulaire strategieën zeer onwaarschijnlijk of zelfs fundamenteel onmogelijk worden geacht. Daarnaast is het interessant om ons af te vragen of producten die niet in het figuur zijn opgenomen minder potentie hebben of dat ze minder herkenbaar zijn en daarom nog onbenutte potentie vertegenwoordigen. Het 'oogsten' van de nog niet benutte circulaire potentie is één van de grote uitdagingen voor het vormgeven van circulair beleid van overheden en bedrijven.



Figuur 1: voorbeeld van circulaire potentie inschatting (Ellen MacArthur Foundation 2012) De hoek rechtsonder toont textiel en glas als grensgevallen.

In het rapport van Green Alliance (2013) wordt een systematiek geschetst die inzicht geeft in de eventuele barrières voor het introduceren van meer circulaire systemen (Figuur 2). Producten die gekarakteriseerd worden onder “Circular Use Likely” kennen een lage barrière om in de markt gezet te worden via een circulaire businessmodel. Circulaire businessmodellen voor producten gekenschetst door “Circular Use Unlikely” zullen overheidsinterventies vergen om meer levensvatbaar te kunnen zijn.

Characteristic	Circular use likely	↔	Circular use unlikely
Value: products or materials with high value or high end-of-life harm justify investment in recovery	high	medium	low
Control, collection and communication: the ability to control or reliably collect a known quantity of materials or products enables circular models	single owner	two owners	many owners
Ease of recycling, remanufacturing and reuse: circular systems are more likely where the physical characteristics of products or materials make them easy to transform	easy	moderate	difficult
Pace of change: If product or material function changes too rapidly, investment in recovery may not occur. This is especially an issue where material substitution, technological development, or fashion changes demand rapidly	slow	medium	fast
Concentration / contamination: Where materials are dissipated or contaminated, recovery is either more expensive or impossible	pure / concentrated	moderate	contaminated / dispersed

Figuur 2. Op basis van het werk van de "Resource resilient UK - report from the Circular Economy Task Force", vijf eigenschappen van productgroepen die de circulaire potentie van die productgroepen beschrijven

Producten waar circulair gebruik volgens deze studie waarschijnlijk is, op basis van de huidige eigenschappen, kenmerken zich door een hoge waarde, eenvoud om gebruikers aan te spreken of te kunnen volgen, het gemak waarmee hergebruik of recycling ingezet kan worden, een traag tempo van technologische (of modieuze) verandering en een hoge concentratiegraad van de reststromen. Voorbeelden die in deze studie conform dit stramien worden uitgewerkt zijn lease van auto's (geen obstakels, de markt pakte het op), auto-recycling, smartphone-hergebruik (in toenemende mate door markt opgepakt) versus remanufacturing van smartphones (zeer complex door technologische verandering van componenten en technologie van recycling).

Potentie op basis van IO-analyse

Jaarlijks publiceren statistische bureaus de nationale rekeningen. Deze statistiek ligt aan de basis van zogenaamde Input-Output Analyse, die op een macro economische niveau analyseert welke producten in een economie worden gebruikt door bedrijven, overheden en huishoudens. Op basis van Input-Output tabellen zijn enkele methoden gepubliceerd door Geerken et al. (2019) voor het bepalen van potentie van circulaire strategieën:

- Verschil tussen BAT (best beschikbare technologie) die wordt toegepast op alle sectoren van regio's en DTP (disruptive technology potential) groei
- Economische structuur (vergelijking van de aandelen van landbouw, productie, diensten, met nadruk op CE-gerelateerde diensten)
- Balassa-index, die beschrijft welke sectoren over- of ondervetegenwoordigd zijn in een specifieke regio
- Waardeketenanalyse (hoe de toegevoegde waarde wordt verspreid over een input-outputstructuur, waardoor kan worden geanalyseerd hoe een binnenlandse euro die aan finale consumptie wordt besteed, de nationale toegevoegde waarde verhoogt en ervoor zorgt dat producten binnen de nationale grenzen circuleren)
- Vervangingspotentieel van strategieën voor duurzaam materialenbeheer (SMM)

- Afvalverwerkingsscenario's op basis van fysieke en hybride input-outputanalyse (gebruikmakend van bestaand materiaalverbruik om te analyseren welk deel van dat materiaalverbruik kan worden gedekt door secundaire materialen)

Potentie op basis van microdata

Een andere methode om het potentieel te beoordelen is te vinden in de Ellen MacArthur Foundation (2015b) publicatie over circulariteitsindicatoren, waar een uitgebreide set van formules het productpotentieel op gedetailleerd niveau uitdrukt. De indicator die wordt gebruikt om het op productbasis voorgestelde potentieel op productniveau te beoordelen (in tegenstelling tot de economie of organisatie van een land), is de indicator voor materiaalcirculairiteit (MCI), die hergebruik en langer gebruik omvat. Omdat de MCI geen data over de kwaliteit van materialen geeft, is complementariteit met andere indicatoren aan te raden, waardoor de benadering sterk lijkt op kaders voor levenscyclusanalyse (LCA), zoals ReCiPe en ILCD (JRC-IES 2011; Huijbregts et al. 2016). Deze potentiële MCI-indicatoren kunnen echter niet operationeel worden gemaakt op maatschappelijk niveau als gevolg van het ontbreken van openbare data. De methode gaat dus impliciet uit van het gebruik van LCA databases waar licentiekosten voor betaald moeten worden en die slechts met zakelijke doeleinden kan worden gebruikt. Dit geldt niet voor een kleine groep producten waarvoor wel publiek toegankelijke LCA databases beschikbaar zijn gesteld, bijvoorbeeld in PEF (Product Environmental Footprint) verband.

Potentie op basis expert judgement

Een meer kwalitatieve benadering is gebaseerd op expert judgement. In een rapport van TNO (2013) leverde een serie van drie workshops met circa 25 experts input om de baten van een circulaire transitie tussen 2013 en 2025 te kwantificeren. Deze waren gebaseerd op oordelen van experts zonder verder analytisch kader. De theoretische concepten om een dergelijk raamwerk te creëren zijn beschikbaar, maar de gegevens en informatie om de oordelen van experts te onderbouwen, zijn dat niet.

2 Ontwikkeling van de methode voor het bepalen van de circulaire potentie

De methode voor het bepalen van potentie van circulaire strategie heeft de naam “Vingerafdruk methode” gekregen. Hiermee wordt aangegeven dat de potentiebepaling wordt gedaan op basis van producteigenschappen die een productgroep op hoofdlijnen karakteriseren. Daarnaast is de naam Vingerafdruk een verwijzing naar het begrip “Voetafdruk”, waarmee doorgaans milieu-impacts over de gehele productiefase van een product worden aangeduid.

Dit hoofdstuk geeft in detail weer hoe de onderdelen van de methode zijn (door)ontwikkeld, mede op basis van feedback van het team van experts en feedback ontvangen in de case-studies. Zowel de generieke keuzes voor de methode en de stappen van de Vingerafdrukmethode worden uitgebreid besproken². De methode gaat vergezeld van een database in MS Excel waar relevante gegevens over prijzen, gewicht en vooral milieu-impact van productgroepen te vinden zijn.

2.1 Bepaling van impact op milieu en broeikasgasemissies

In deze verkenning kiezen we ervoor om de vingerafdrukmethode toe te passen op de inschatting van de mogelijke milieu-impact van circulaire strategieën met een nadruk op de emissie van CO_{2eq}.

De focus op broeikasgassen komt voort uit het duurzaamheidsbeleid dat de grootste urgentie uitstraalt naar de samenleving: de klimaatdoelstellingen. Geen ander duurzaamheidsthema krijgt op dit moment meer maatschappelijke aandacht. De focus op slechts één prestatie-indicator is belangrijk omdat op die wijze scherper kan worden bepaald in hoeverre de methode voldoet aan de eisen van gebruikers. Zodra de methode aangenomen wordt door de beoogde doelgroep kunnen vanuit de data meer (milieu)impacts worden toegevoegd.

Er is bewust gekozen om economische potentie op basis van toegevoegde waarde en werkgelegenheid nu niet mee te nemen en verder uit te werken. De methodiek kan overweg met veranderingen die betrekking hebben op één specifieke productgroep. Om economische mechanismen zoals vraagelasticiteit, reboundeffecten en de marktpenetratie van nieuwe producten mee te nemen is een coherente analyse nodig over vele productgroepen. De relatie tussen het bepalen van circulaire potentie en economische mechanismen wordt te ingewikkeld geacht voor de eerste versie van de methode. Naast het negeren van de potentie van (regionale) werkgelegenheid wordt ook de potentie voor reputatieschade niet meegenomen. Het onderwerp “responsible sourcing”, dat relateert aan zaken als natuurbescherming en arbeidsomstandigheden wereldwijd, krijgt in toenemende mate aandacht van bedrijven, consumenten en overheden. Ook voor dit onderwerp wordt de relatie met indicatoren te ingewikkeld, en de relatie met data te zwak, geacht om een geloofwaardige potentiebepaling te verrichten in de eerste versie van de methode.

² Om gebruikers op hoofdlijnen te informeren is ook een Vingerafdruk Leaflet ontwikkeld.

2.2 Product classificatie

Voor de productgroep definitie wordt gekozen voor het Geharmoniseerd Systeem (Harmonised System), ook wel bekend als de Gecombineerde Nomenclatuur (Combined Nomenclature). De mate van detail en het feit dat deze classificatie wordt gebruikt om internationale handel te beschrijven zijn doorslaggevende argumenten voor de keuze voor deze nomenclatuur. Op 6-digit niveau beslaat de classificatie voor de hele economie tussen de 5300 en 5400 productgroepen. Dit wordt als een mate van detail beschouwd die een goede balans biedt tussen macroeconomische getallen en LCA data.

Alternatieve product classificaties zijn beschikbaar, zoals de "Central Product Classification" (CPC), de "Classification of Products by Activity" (CPA) of "Standard International Trade Classification" (SITC). Het voordeel van CPA is dat het vrij direct aan sectoren kan worden gekoppeld die in Nederland, de EU en wereldwijd worden gebruikt (SBI/NACE, op basis van de zogenaamde ISIC rev 4 classificatie). Er is echter een zogenaamde correspondentie tussen HS/GN en SBI beschikbaar, die dit voordeel wegneemt. De SITC is gericht op transportmodellen en biedt en heeft geen evenwichtige verdeling tussen bulkgoederen en high-tech producten.

De PEF³ methodiek vraagt weliswaar om een specifieke productclassificatie, maar schrijft geen classificatie voor. Deze methode biedt dus geen houvast in de keuze voor productclassificatie.

2.3 Fase in keten

De focus van de Vingerafdruk methode is gelegd op 'eindproducten' of finale producten. Intermediaire producten en zeker grondstoffen ('raw materials') lenen zich veel minder goed voor een beoordeling met de Vingerafdruk methode en worden aldus niet meegenomen in de analyse. De belangrijkste reden is dat intermediaire producten en grondstoffen in finale producten worden verwerkt, waardoor dubbeltellingen kunnen ontstaan. Daarbij zijn markten, wetgeving, innovatie en consumentenbescherming doorgaans gericht op finale producten, niet op intermediaire producten of grondstof- en materiaalstromen. Een belangrijke vraag is echter: wat is een finaal product? Wat wordt door Eurostat als officiële aanduiding voor de laatste fase in een keten gebruikt?.

Van de genoemde 5300 à 5400 producten op GS/GN 6-digit niveau zijn circa 1100 productgroepen⁴ als finaal product aangeduid. De database van de Vingerafdruk methode zal dus 1100 productgroepen bevatten.

2.4 Gebruik bestaande databases in Vingerafdruk-database

Bij het opzetten van de methodiek om op basis van vingerafdrukken en circulaire potentie de milieu-impact in te kunnen schatten is gebruik gemaakt van de volgende databases.

³ https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/PEFCR_guidance_v6.3.pdf

⁴ Indien finale producten vanuit de landbouw en kleding worden meegenomen zal dit getal oplopen tot 2000. Deze circa 900 productgroepen zijn nu nog slechts impliciet onderdeel van de database. De ruwe data is er wel, maar ze zijn geen onderdeel van de geoffreerde macro-economische analyse.

- CBS handelsdata⁵. De gegevens worden jaarlijks gerapporteerd in gewicht en waarde, van zowel import als export.
- EcolInvent. De database van de in Zwitserland gebaseerde inventaris wordt wereldwijd maar met name in Europa alom gebruikt voor het verrichten van LCA's. Met behulp van aggregaties zijn de kengetallen van deze database toegesneden op de GS/GN classificatie die de basis vormt van de database.
- EIPRO⁶. Dit Europese project uit 2009 biedt een rapportage en vooral ook een database die overeenkomsten vertoont met de doelstellingen van dit project. De database wordt gekoppeld aan de producten in de GS/GN classificatie.
- EXIOBASE⁷. Deze zogenaamde Environmentally Extended Input-Output database biedt voor ca. 160 productgroepen kengetallen voor bijna 50 nationale economieën in de wereld.
- De database van de eerdergenoemde studie materiaalstromen in Nederland van CBS. Voor bijna 400 producten zijn deze voor de Nederlandse economie bepaald. Met de materiaalstromen kunnen de gevonden CO_{2eq} van andere bronnen gekalibreerd c.q. geverifieerd. Zo kunnen we zeker zijn dat de coëfficiënten die de methode gebruikt op macroniveau optellen tot de bekende nationale emissietotalen.

De genoemde databases hebben verschillende scopes: cradle-to-gate, gate-to-gate en cradle-to-grave. Dit betekent dat de emissie coëfficiënten in de database niet alleen over de productie in een sector gaan (gate-to-gate).

- Vanuit de EcolInvent data kunnen stroomopwaartse emissies meegerekend worden (cradle-to-gate). Daarnaast bevat de EcolInvent data ook de afdankingsfase (grave)
- Vanuit de EIPRO data kan ook de gebruiksfase worden geanalyseerd. Dit betekent ook dat de afdankingsfase niet is meegenomen in de kengetallen.
- Vanuit de EXIOBASE data zijn gate-to-gate getallen beschikbaar die het productieperspectief weergeven.

De gevonden kengetallen voor de methode zullen worden ondergebracht in het Grondstoffen Informatie Systeem, dat naar door RIVM binnen het werkprogramma monitoring en sturing circulaire economie wordt gezet.

De keuze om de methode niet te richten op ontwerpers maakt het gebruik van de EcoCostValue⁸ data minder logisch.

2.5 De Vingerafdrukmethode in vier stappen

De kern van de vingerafdrukmethode bestaat uit het vastleggen van productkarakteristieken, die vervolgens worden ingezet om de toepasbaarheid van circulaire strategieën te toetsen, de impact van exogene drivers te kunnen vaststellen en uiteindelijk de gewenste (milieu-)impact in te kunnen schatten. De totale Vingerafdrukmethodiek bestaat uit de volgende vier methodische stappen die een gebruiker moet doorlopen:

⁵ <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/navigatieScherm/thema?themaNr=81287>

⁶ https://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/eipro_report.pdf

⁷ <https://www.exioibase.eu/>

⁸ <https://www.ecocostsvalue.com/>

1. Bepalen van producteigenschappen op productgroep en detailniveau naar keuze.
2. Bepalen circulaire potentie op basis van de koppeling producteigenschappen en circulaire strategieën, en de mate waarin dat potentieel al 'geogst' is.
3. Bepalen drijfveren voor verandering van potentie op basis van expert judgement
4. Analyseren van de impact van groeipotentie op effectdoelen.

2.5.1 *Stap 1 van 4: producteigenschappen*

Voor een geselecteerde productgroep dienen de karakteristieke producteigenschappen te worden bepaald. Zoals eerder gezegd is het karakteriseren van producten de reden geweest voor het kiezen van de naam "Vingerafdruk". De karakteristieke producteigenschappen bepalen de circulaire potentie van een productgroep, oftewel de mate waarin een bepaalde circulaire strategie van toepassing zou kunnen zijn op die productgroep.

Een impliciet onderdeel in deze stap is het bepalen van de productgroep(en) die onderdeel zijn van de analyse en het detailniveau waar op men kiest. Het detailniveau kan van variëren tussen vrij grofmazig tot gedetailleerd. Bijvoorbeeld tussen CPA/SBI-2 ("basismetaal"), CPA/SBI-4 (bijvoorbeeld "buizen en pijpen van staal") tot CPA-6 (bijvoorbeeld "niet-cirkelvormige buizen en pijpen zonder lasnaad van staal").

De producteigenschappen zijn gekozen op basis van bestaand werk zoals beschreven in paragraaf 1.3. De volgende tien eigenschappen zijn daarbij als meest relevant aangenomen:

Tabel 1 Vingerafdruk: 10 karakteristieken voor een product(groep)

Schaalbare eigenschappen die breed toepasbaar zijn	Eigenschappen die eenduidig wijzen op een toepasbaarheid van een bepaalde circulaire potentie
Gemiddelde prijs product	Is er data beschikbaar van het product, zowel uit productiefase als gebruiksfase?
Levensduur	Is een product in principe gereed te maken voor gebruik door ander persoon/huishouden?
Volume/gewicht per product	Is het product in 5 onderdelen uit elkaar te halen? (modulariteit)
Technische dynamiek, hoe snel gaat de innovatie	Is er sprake van dissipatief gebruik inclusief fossiele brandstof?
Paraat staan, welk deel van de tijd moet het product direct tot de beschikking zijn	Inschatting aandeel materialen in product dat op vergelijkbaar prijsniveau kan worden gerecycled ten opzichte van virgin/primair

Stap 1: gebruikers vullen voor de relevant productgroep(en) de eigenschap in. De actie van de gebruiker is dus om te bepalen hoe duur of zwaar een product is, wat doorgaans de levensduur is van het product, etc.

Overigens is het goed mogelijk dat tijdens expertsessies en in specifieke gevallen aanvullende eigenschappen relevant kunnen zijn. Deze aanvullende eigenschappen kunnen natuurlijk in die vervolgstappen toegevoegd kunnen worden aan de methodiek.

De verschillende eigenschappen worden hieronder toegelicht. We lichten ook voor enkele gevallen toe welke karakteristieken noodzakelijk zijn voor de toepasbaarheid van de verschillende circulaire handelingsperspectieven en dus voor de bepaling van de 'circulaire potentie'. Daarmee wijzen we alvast vooruit naar stap 2 van deze methode, waarbij karakteristieken gekoppeld worden circulaire activiteiten.

Gemiddelde prijs product

De orde van grootte van de prijs van het product is wellicht de belangrijkste eigenschap van elk product in een (circulair) economische analyse. De gemiddelde prijs kan door experts eenvoudig worden bepaald. Op macro-economisch niveau kan de gemiddelde prijs (zonder belastingen, subsidie of verkoopmarge) worden bepaald op basis van handelsstatistieken die prijs en aantal stuks vermelden. Voor goederen die in kg worden gerapporteerd wordt de prijs per kg aangehouden.

Deze eigenschap wordt voor het becijferen van potentie ingedeeld in vijf klassen, te weten (<1euro, <10EUR, <100EUR, <1000EUR, >1000EUR).

Voor intensiever gebruik van producten wordt aangenomen dat alleen producten van 100EUR of meer circulaire potentie hebben gericht op het streven naar een lange levensduur of intensiever gebruik via bijvoorbeeld het delen van goederen.

De circulaire potentie voor duur product is hoog, maar daarentegen kan aangenomen worden dat die potentie al grotendeels is binnengehaald (oftewel: relatief weinig verbetering is te behalen).

Juist goedkopere producten hebben een relatief lage potentie, en worden tot op heden nog simpelweg weggegooid en verbrand vanwege een lage prijs. Dat kan betekenen dat de relatieve groeipotentie nog hoog is: onder bepaalde regelgeving is er nog iets te winnen.

Levensduur

De levensduur van een product is een andere “usual suspect” als het gaat om het bepalen van circulaire potentie. In tegenstelling tot prijzen is de gemiddelde levensduur niet goed af te leiden uit publieke data. Slechts in academisch werk worden verdelingen gegeven van levensduren van producten (op basis van schattingen), officiële statistiek doet dit niet.

Deze eigenschap wordt voor het becijferen van potentie ingedeeld in vijf klassen (<1 jaar, 1-5 jaar, 5-10 jaar, 10-20 jaar, > 20 jaar).

Activiteiten gericht op het verlengen van levensduur worden nu al sterk toegepast als de gemiddelde levensduur van een product meer dan vijf jaar is.

Volume/gewicht per product

De fysieke omvang van goederen zal met name bepalend kunnen zijn voor de aantrekkelijkheid van deel-, leen- en verhuurplatforms. Hoe lichter een product, hoe makkelijker uitwisseling en bezorging kan plaatsvinden. Asset sharing van niet-verplaatsbare producten is vanzelfsprekend ook mogelijk, maar dan in de vorm van ‘werkplaatsen’ of faciliteiten-biedende infrastructuur (zie bijvoorbeeld het gezamenlijk gebruik van 3D-printing-machines).

Deze eigenschap wordt voor het becijferen van potentie ingedeeld in vijf klassen (<1kg, 1-10kg, 10-100kg, 100kg-1000kg, > 1000kg).

Met dezelfde argumentatie als bij de relevantie van prijs, is de kans dat een lichter product een kleinere potentie heeft op het gebied van recycling groter dan een zwaarder product (omdat dat vaker al een goede recyclinginfrastructuur zal kennen).

Een zwaarder product zal in eerste aanzet ontworpen zijn en onderhouden worden ten behoeve van een lange levensduur. Per geval kan worden bekeken of door door robuuster ontwerpen deze levensduur nog verder verlengd kan worden.

Technische dynamiek

Deze eigenschap beschrijft de innovatiesnelheid van een product. De eigenschap beantwoordt de vraag: na hoelang heeft een nieuw artikel functies die het gebruik van oudere versies onpraktisch maken (uitgezonderd hobbyisme)? Als er snel significante technische veranderingen plaatsvinden beïnvloeden deze de economische levensduur en daarmee (in negatieve zin) de businessmodellen die verlenging van levensduur nastreven. Indien kosten van een dergelijk product hoog genoeg zijn, kan een kort-cyclisch product wel aanleiding geven tot businessmodellen waarin gebruik en niet eigendom centraal staan.

Deze eigenschap wordt voor het becijferen van potentie ingedeeld in vier klassen (<2j, 2-5j, 5-10j, >10 jaar). Een lage dynamiek duidt op potentie voor langer gebruik. Een hoge dynamiek duidt op potentie voor intensiever gebruik.

Paraat staan

Deze eigenschap beantwoordt de vraag welk gedeelte van de tijd een product voor gebruik paraat moet staan of in gebruik is. Hierbij wordt “paraat staan” vergeleken met de tijd die verstrijkt tussen de keuze om een product te gebruiken en het daadwerkelijke gebruik. Een koelkast is bijvoorbeeld vrijwel constant in gebruik. Een matras is slechts een derde deel van de dag in gebruik, maar moet wel paraat staan omdat het (met de huidige technologie) niet geleverd kan worden in de periode waarin men besluit om te gaan slapen. Die periode is bovendien voor veel mensen hetzelfde: de nacht. Een auto wordt minder vaak geacht paraat te staan, omdat ICT het in toenemende mate mogelijk maakt om de tijd tussen het plannen van gebruik en het gebruik te verkorten.

Deze eigenschap wordt voor het becijferen van potentie ingedeeld in vier klassen (<80%, 30-80%, 5-30%, <5%). Een hoog percentage van vereist paraat staan duidt op potentie voor een langere levensduur. Een laag percentage duidt op potentie voor intensiever gebruik.

Is er data beschikbaarheid van het product, zowel uit productiefase als gebruiksfase?

De beschikbaarheid van data staat aan de basis om producten slimmer te gebruiken in een samenleving en in de industrie. In de industrie neemt bijvoorbeeld de interconnectiviteit tussen apparatuur sterk toe en komen gegevens beschikbaar die onderhoud vereenvoudigen en dus een effect op de levensduur (kunnen) hebben. Er wordt daarnaast aangenomen dat de beschikbaarheid van materiaalpaspoorten (of in ieder geval een grondig inzicht in de materiaalsamenstelling van een product) een belangrijk hulpmiddel is voor de waardebehoud van een product en de gebruikte grondstoffen. Indien data beschikbaar is over de productie of gebruik fase duidt dit altijd op aanwezigheid van circulaire potentie.

Is een product in principe gereed te maken voor gebruik door ander persoon/huishouden?

Gereed maken voor gebruik door een ander kan in tal van activiteiten liggen die een product weer aantrekkelijk kunnen maken voor hergebruik of commerciële tweedehandshandel. Dit kan bijvoorbeeld gaan om het schuren van een houten bouw materiaal, het reinigen van een passagiersstoel, het resetten van gebruikersinstellingen (“stellen van je zadel”), het plaatsen van een onderdeel met andere eigenschappen etc. Het gereed kunnen maken voor gebruik door anderen duidt altijd op aanwezigheid van circulaire potentie voor langer gebruik en intensivering. Voor recycling is dit een eigenschap die niet relevant is.

Het verschil tussen de ‘theoretische’ potentie en de mate waarin die is geogst zal gerelateerd zijn aan de kosten van dit gereedmaken en de vraag of dat marktconform is in verhouding tot de aanschaf van nieuwe producten.

Modulariteit: is het product in minstens in 5 onderdelen uit elkaar te halen door mens of machine?

Modulaire producten lenen zich beter voor reparatie, voor remanufacturing en voor refurbishment. Modulaire opbouw van producten kan ook veel betekenen voor ontwerp-processen, waarbij bij nieuwe generaties producten rekening wordt gehouden met modules uit voorgaande generaties. Het getal vijf is gekozen op

basis van expert-judgement van mensen die bekend zijn met de huidige recyclingpraktijk. Het ontwerp van professionele copiers is hiervan een voorbeeld. In die zin leidt modulariteit ook tot standaardisatie van onderdelen, en daarmee tot de mogelijkheid lange garanties op onderdelen te geven. Modulariteit duidt altijd op aanwezigheid van circulaire potentie voor langer gebruik en intensivering.

Voor recycling is modulariteit een eigenschap die kan leiden tot een hogere potentie van recycling, omdat onderdelen die in een recyclingproces niet compatibel zijn al vóór dat proces van elkaar gescheiden kunnen worden.

Modulariteit kan in een technisch ontwerp in verschillende hoofdvormen worden onderscheiden. De zes meest gebruikte assemblagevormen zijn: schroeven, lijmen, klikken, lassen, weerstand/zwaartekracht, binden/plakken. Deze verdiepingsslag kan in expertsessies worden gebruikt en geeft in feite een blik op de onderliggende waarde van het toepassen van de Vingerafdrukmethode: het gezamenlijk identificeren van de meest relevante eigenschappen van een product en de implicatie die deze eigenschappen hebben om in de toekomst meer circulair te worden.

Is er sprake van dissipatief gebruik inclusief fossiele brandstof?

Producten die gebruikt worden kunnen hooguit tot recycling leiden. Dissipatieve producten leiden (zelfs) niet tot de mogelijkheid om gerecycled te worden.

Inschatting aandeel materialen in product dat op vergelijkbaar prijsniveau kan worden gerecycled ten opzichte van virgin/primair

Deze vraag wordt gesteld om de recycleerbaarheid te vatten, een brede en gecompliceerde eigenschap. De mate waarin gerecycleerd kan worden hangt immers ten dele af van economische omstandigheden en inzicht in de stand der techniek. Recyclingsmogelijkheden worden gekarakteriseerd door:

- De verdunningsgraad van de verschillende materialen in het product; op basis van samenstellingsgegevens van elk product zou hier inzicht in kunnen worden verschaft.
- De mate waarin infrastructuur en technologie t.b.v. recycling van de verschillende materialen al bestaat of ontwikkeld zou kunnen worden (op basis van expert-opinies).
- De mate waarin een inzamelings- en collectie-infrastructuur is ontwikkeld.
- De aanwezigheid van Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS) in de producten. In het LAP3 staan richtlijnen uitgewerkt voor bedrijven die restproducten willen verwerken waarin mogelijk ZZS aanwezig zijn. De aanwezigheid van ZZS is dus in sterke mate bepalend voor de huidige mate van recycling, maar ook voor de aantrekkelijkheid van additionele recycling.

Voor de huidige methodiek kiezen we ervoor de prijs van het resulterend recyclaat mee te nemen in de analyse. De prijs is hiermee een proxy voor de kwaliteit van het product en in zeker zin zelfs de mate van entropie: hoe lager de prijs, hoe hoger de entropie ("chaos", "vermenging"). Voor de business case van afvalverwerking is de prijs van recyclaat van groot belang. Om die reden wordt het acceptabel geacht om potentie voor recycling geheel terug te voeren op de opbrengst van secundaire grondstoffen. Naast de commercieel levensvatbare prijs van recyclaat is de enige andere reden voor recycling gelegen in het maatschappelijk onacceptabel worden

geacht van het niet recyclen van bepaalde producten, In dat geval is een toestroom aan publiek geld het gevolg.

Deze eigenschap wordt voor het becijferen van potentie ingedeeld in vijf klassen die de prijs van recyclaat t.o.v. virgin uitdrukken (0%, 0-5%, 5-20%, 20-50%, > 50%). Deze eigenschap is niet relevant voor levensduur verlengen of intensiever gebruiken.

Een hogere waarde van recyclaat duidt altijd op een groter potentieel voor recycling. Tegelijk kan die hogere waarde ook betekenen dat onder de huidige omstandigheden een groot gedeelte van die potentie al is bereikt.

Afsluitend kan nog worden gezegd dat voor elke specifieke toepassing van de Vingerafdruk extra eigenschappen relevant kunnen zijn. Voor het analyseren van potentie van verdienstelijing kunnen bijvoorbeeld nog zaken als modegevoeligheid of lichaamsafhankelijkheid worden meegenomen. Voor het verlengen van levensduur is het aantal transacties dat jaarlijks voor een productgroep wordt verricht van belang, waarbij een gering aantal transacties duidt op potentie voor levensduurverlenging (vanwege het sterke contact tussen producent en afnemer). Voor het analyseren van recyclingpotentieel kunnen de eerdergenoemde karakteristieken voor het recyclingproces in detail worden besproken. Het is dus altijd mogelijk om meer karakteristieken in de analyse te betrekken: de ervaring van de gebruiker en de specifieke aspecten van de producten die bekeken worden staan hierbij voorop.

Voor elk te onderzoeken product leert deze eerste stap een overzicht op dat er als volgt uitziet in Tabel 2:

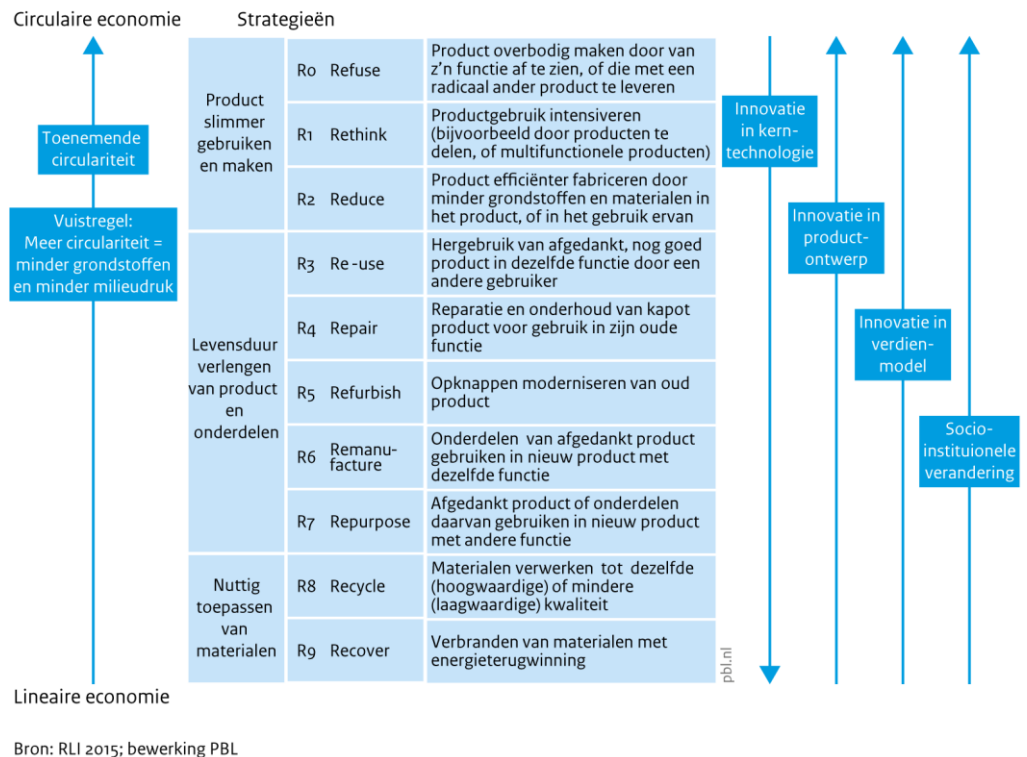
Tabel 2: overzicht van 10 eigenschappen, met indeling in "klassen" die een cijfermatige afbakening geven om de het gesprek te vereenvoudigen

	Vingerafdruk van product				
	<= 1	1-10	10-100	100-1000	> 1000
Prijs/artikel (EUR)	<= 1	1-10	10-100	100-1000	> 1000
Levensduur (jaar)	<1	2-5	5-10	10-20	> 20 jaar
Volume/gewicht per artikel (kg)	<= 1 kg	1-10 kg	10-100 kg	100-1000kg	> 1000kg
Technische dynamiek, wanneer levert een artikel niet de functie die nieuwste versies leveren? (jaar)	<2	2-5	5-10	> 10 jaar	
Deel van de tijd dat een product paraat moet staan	> 80%	30-80%	5-30%	< 5%	
Data beschikbaar van product, zowel uit productie fase als gebruiksfase	Ja			nee	
Is een product in principe gereed te maken voor gebruik door ander persoon/huishouden?	Ja			nee	
Minstens in 5 onderdelen uit elkaar te halen door mens of machine, waarbij die onderdelen los te bestellen zijn? (J/N)	Ja			nee	
Directe dissipatie (ja/nee)	Ja			Nee	
Inschatting aandeel materialen in product dat op vergelijkbaar prijsniveau kan worden gerecycled ten opzichte van virgin/primair	<1%	1-5%	5-10%	10-50%	> 50%

2.5.2 Stap 2 van 4: Bepalen circulaire potentie op basis van de koppeling producteigenschappen en circulaire strategieën, en de mate waarin dat potentieel al 'geogst' is.

Nadat de essentiële eigenschappen voor het product in kwestie zijn bepaald, moeten deze eigenschappen worden gekoppeld aan de hoofdgroepen van de R-ladder (zie Figuur 3).

Prioriteitsvolgorde van circulariteitsstrategieën en rol van innovatie in productketen



Figuur 3: overzicht R-strategieën

De verschillende R-strategieën zijn op de volgende wijze vertaald naar de vier circulaire strategieën die wij onderscheiden:

- Intensiever gebruik: R1, R2
- Beter gebruik: R5
- Langer gebruik: R3, R4, R6, R7
- Recycling: R8

Het simpelweg afzien van consumptie, de R0, is altijd een relevante strategie. Deze strategie is nu niet meegenomen in de Vingerafdrukmethode vanwege de algemene geldigheid die niet is terug te voeren op specifieke productkarakteristieken.

Circulaire strategieën van de R-ladder zijn niet per se synoniem met een bepaald businessmodel. Verdienstelijking is niet synoniem met intensiever gebruik. Verdienstelijken kan juist ook een businessmodel zijn dat gebaseerd is op langere levensduur of betere recyclebaarheid. Een voorbeeld is een stuk huishoudelijke apparatuur dat paraat moet staan, bijvoorbeeld een oven. Het is mogelijk om een

oven als dienst aan te bieden aan een huishouden. Dit betekent niet dat de oven automatisch intensiever gebruikt gaat worden. Het betekent wel dat de aanbieder hoogstwaarschijnlijk ovens zal gebruiken voor zijn dienstverlening die een lange(re) levensduur hebben en/of een grotere restwaarde zodra ze voor recycling worden aangeboden.

De koppeling van eigenschappen en circulaire strategieën gemaakt worden op vijf niveaus, zie Tabel 3.

Tabel 3: numerieke waarden toegekend aan verschillende mate van aanwezig of afwezige potentie

1	De score van dit product op deze eigenschap draagt bij aan de toepasbaarheid (en eventuele groeipotentie) van deze circulaire strategie
0,5	De score van dit product op deze eigenschap draagt enigszins bij aan de toepasbaarheid (en eventuele groeipotentie) van deze circulaire strategie
	Deze eigenschap kan niet eenduidig -of per definitie niet- iets zeggen over de toepasbaarheid (en eventuele groeipotentie) van deze circulaire strategie
-0,5	De score van dit product op deze eigenschap heeft een negatieve invloed op toepasbaarheid (en eventuele groeipotentie) van deze circulaire strategie
x	Deze eigenschap maakt dat een circulaire strategie in het geheel niet toepasbaar is (laat staan dat er groeipotentie in zit). Een zogenaamde prohibitieve eigenschap

De score wordt uitgedeeld op basis van de bij de eigenschappen beschreven klassen. Voor prijs zijn dit bijvoorbeeld de vijf klassen <1 Euro, 1 tot 10 Euro, 10 tot 100 Euro, 100 tot 1000 Euro of duurder dan 1000 Euro.

Tabel 4 Koppeling vingerafdruk aan circulaire strategieën

	intensiever gebruik (productperspectief)					langere levensduur (productperspectief of componentenperspectief)					recycling					
Prijs/artikel (EUR)	<= 1	1-10	10-100	100-1000	> 1000	<= 1	1-10	10-100	100-1000	> 1000	<= 1	1-10	10-100	100-1000	> 1000	
Levensduur (jaar)	<1	2-5	5-10	10-20	> 20 jaar	<1	2-5	5-10	10-20	> 20 jaar	<1	2-5	5-10	10-20	> 20 jaar	
Volume/gewicht per artikel (kg)	<= 1 kg	1-10 kg	10-100 kg	100-1000kg	> 1000kg	<= 1 kg	1-10 kg	10-100 kg	100-1000kg	> 1000kg	<= 1 kg	1-10 kg	10-100 kg	100-1000kg	> 1000kg	
Technische dynamiek, wanneer levert een artikel niet de functie die nieuwste versies leveren? (jaar)	<2	2-5	5-10	> 10 jaar	<2	2-5	5-10	> 10 jaar	<2	2-5	5-10	> 10 jaar	<2	2-5	5-10	> 10 jaar
Deel van de tijd dat een product paraat moet staan	> 80%	30-80%	5-30%	< 5%	> 80%	30-80%	5-30%	< 5%	> 80%	30-80%	5-30%	< 5%	> 80%	30-80%	5-30%	< 5%
Data beschikbaar van product, zowel uit productie fase als gebruiksfase	Ja			nee		Ja			Nee		Ja			Nee		
Is een product in principe gereed te maken voor gebruik door ander persoon/huishouden?	Ja			nee		Ja			nee		Ja			Nee		
Minstens in 5 onderdelen uit elkaar te halen door mens of machine, waarbij die onderdelen los te bestellen zijn? (J/N)	Ja			nee		Ja			nee		Ja			nee		
Directe dissipatie (ja/nee)	Ja			Nee		Ja			Nee		Ja			Nee		
Inschatting aandeel materialen in product dat op vergelijkbaar prijsniveau kan worden gerecycled ten opzichte van virgin/primair	<1%	1-5%	5-10%	10-50%	> 50%	<1%	1-5%	5-10%	10-50%	> 50%	<1%	1-5%	5-10%	10-50%	> 50%	

Het maximale potentieel voor elk van de circulaire strategieën laat zich als volgt inzichtelijk maken:

- Het circulair potentieel op basis van streven naar intensiever gebruik van producten is optimaal als producten:
 - Duurder zijn dan 100 EUR
 - Een technische dynamiek hebben korter dan 5 jaar
 - Maximaal 30% van de tijd paraat moet staan voor gebruik
 - Beschikken over data over gebruik
 - In principe gereed te maken zijn voor hergebruik
 - Modulair zijn opgebouwd
 - Niet dissipatief zijn
 - De maximale 'score' in dat geval is: 6
 - Intensiever gebruik is niet mogelijk als circulair potentieel voor producten die meer dan 80% van de tijd paraat moeten staan.
- Het circulair potentieel op basis van streven naar langere levensduur is optimaal bij een score van 8
 - Alleen voor producten die 'opraken' tijdens gebruik kan deze circulaire actie niet ondernomen worden.
- Het potentieel voor recycling is optimaal bij een score van 4,5
 - De nadruk ligt daarbij op grotere en duurdere producten die modulair zijn opgebouwd en een hoog gehalte materialen bevatten die gerecycleerd kunnen worden tot op virgin prijsniveau.

Stap 2: De gebruiker bekijkt op welke manier de producteigenschappen van het te onderzoeken product samenhangen met de circulaire strategieën. In de methode wordt een suggestie gegeven hoe de eigenschappen en strategieën samenhangen. De gebruiker geeft een inschatting van het circulaire potentieel aan de hand van de opgetelde 'scores' (zoals hiervoor gesuggereerd) t.o.v. het maximale potentieel. Het is echter aan te raden om de logica van de koppeling te verifiëren, zowel in de huidige situatie als voor de beoogde toekomstige situatie.

Ter illustratie van het gebruik van de tabel, nemen we de Vingerafdruk van een huishoudelijk apparaat met de volgende Vingerafdruk zoals weergegeven in Tabel 5 :

Tabel 5: vingerafdruk van huishoudelijk apparaat

	Specifieke Vingerafdruk
Prijs/artikel (EUR)	500
Levensduur (jaar)	7
Volume/gewicht per artikel (kg)	80
Technische dynamiek, wanneer levert een artikel niet de functie die nieuwste versies leveren? (jaar)	15
Deel van de tijd dat een product paraat moet staan	10

Data beschikbaar van product, zowel uit productie fase als gebruiksfase	Nee
Is een product in principe gereed te maken voor gebruik door ander persoon/huishouden?	Ja
Minstens in 5 onderdelen uit elkaar te halen door mens of machine, waarbij die onderdelen los te bestellen zijn? (J/N)	Ja
Directe dissipatie (ja/nee)	Nee
Inschatting aandeel materialen in product dat op vergelijkbaar prijsniveau kan worden gerecycled ten opzichte van virgin/primair	5%

Aan de hand van de koppeling van eigenschappen van producten aan vereiste eigenschappen voor bepaalde circulaire strategieën kunnen we een inschatting maken van de circulaire potentie t.o.v. een maximaal potentieel. Dat doen we door de indicatieve 'scores' per kleur op te tellen en die te vergelijken met de maximale score die voor die circulaire strategie valt te behalen.

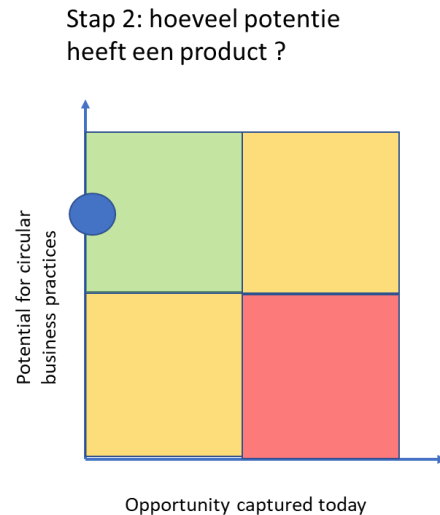
Voor het gekozen imaginaire product leidt dit tot de volgende analyse in Tabel 6.

Tabel 6: ingevulde potentie voor huishoudelijk apparaat uit tabel 5

	Intensiever	Langere levensduur	recycling
Prijs/artikel (EUR)	500	500	500
Levensduur (jaar)	7	7	7
Volume/gewicht per artikel (kg)	80	80	80
Technische dynamiek, wanneer levert een artikel niet de functie die nieuwste versies leveren? (jaar)	15	15	15
Deel van de tijd dat een product paraat moet staan	10	10	10
Data beschikbaar van product, zowel uit productie fase als gebruiksfase	Nee	Nee	Nee
Is een product in principe gereed te maken voor gebruik door ander persoon/huishouden?	Ja	Ja	Ja
Minstens in 5 onderdelen uit elkaar te halen door mens of machine, waarbij die onderdelen los te bestellen zijn? (J/N)	Ja	Ja	Ja
Directe dissipatie (ja/nee)	Nee	Nee	Nee
Inschatting aandeel materialen in product dat op vergelijkbaar prijsniveau kan worden gerecycled ten opzichte van virgin/primair	5%	5%	5%
TOTAAL	4,5	6	2,5
T.O.V. MAXIMALE SCORE	4,5/6= 0,75	6/8= 0,75	2,5/4,5= 0,55

Deze 'scores' zijn vanzelfsprekend geen getallen voor verdere getalsmatige analyse, maar indicaties in hoeverre het aantrekkelijk zou zijn voor het gekozen product circulaire businesspraktijken op te zetten.

Als we Figuur 1 ('Potential for circular business practices' versus 'potential captured') als uitgangspunt nemen voor onze verdere analyse, dan heeft deze stap ons het volgende opgeleverd:



In deze figuur is het meest veelbelovende 'kwadrant' daar waar veel potentieel voor 'circular business practices' wordt aangenomen dat nog niet is geoogst. Voor één van de 'circular practices' (in ons geval bijvoorbeeld: langere levensduur) kenmerkt dit product zich met een hoge potentie voor 'circulaire business': de eigenschappen van het product geven aan dat het logisch zou zijn om te werken aan een lange(re) levensduur.

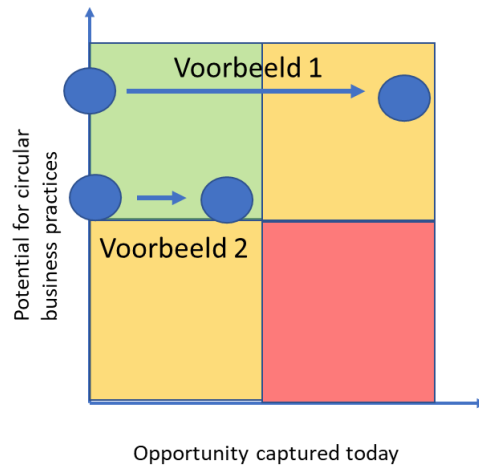
Een dergelijk schema kan voor elk van de 3 strategieën afzonderlijk worden opgesteld.

Een vervolgstap die genomen moet worden is het inschatten in welke mate die circulaire businesspraktijk al is opgezet en dus in welke mate de waarde van de potentie al is geoogst. Deze stap kan alleen genomen worden met behulp van 'expert judgement' (desk research, bevragen experts, workshops). Bij de beschrijving van de verschillende karakteristieken zijn al verschillende voorbeelden aangestipt van gevallen waarbij de potentie groot is, maar ook al grotendeels geoogst. We geven hier twee extra voorbeelden:

- Voorbeeld 1: Producten grotendeels bestaande uit ferro- of non-ferrometalen zullen een hoog potentieel voor een recycling strategie hebben, maar deze zal in het algemeen al zijn opgezet: het groeipotentieel is daarmee gering.
- Voorbeeld 2: Consumentenproducten zoals boormachines zullen zich kunnen lenen voor meer uitwisselen tussen gebruikers, maar dit gebeurt nog niet veel: er is dus nog groeipotentie.

Schematisch ziet het resultaat van deze stap er als volgt uit:

Stap 2b: hoeveel van die potentie is nu al 'geogst'?



Het product uit voorbeeld 2 ('boormachine') heeft dus nog een stevige potentie waarvoor drijfveren die in stap 3 behandeld worden eventueel een bijdrage aan kunnen leveren.

Het product uit voorbeeld 1 heeft veel van zijn potentie al behaald en additionele winst door nieuwe drijfveren zal gering zijn.

2.5.3 *Stap 3 van 4: expert judgement drijfveren*

In de derde stap worden door en met experts drijfveren onderzocht die bij kunnen dragen aan het intensiveren van de genoemde circulaire strategieën en daarmee aan het behalen van de circulaire potentie van de bewuste productgroep. In aanleg zijn er vier drijfveren, op basis van werk van o.a. (Drummond 2016) relevant voor het waarmaken van een groeipotentie⁹, te weten:

- Technologie (TRL niveau, traceerbaarheid, monitoring, Additive Manufacturing, Ontwerpkeuzes)
- Kosten of verwaardingspotentieel door marktcoördinatie of fiscale regels
- Beleid of Regelgeving dat leidt tot gebod of verbod potentieel door markt coördinatie of fiscale regels
- Gedrag

Experts workshops moeten leiden tot een inschatting van (procentuele) verschuivingen van de toepassing van geschikte circulaire strategieën voor onderzochte cases.

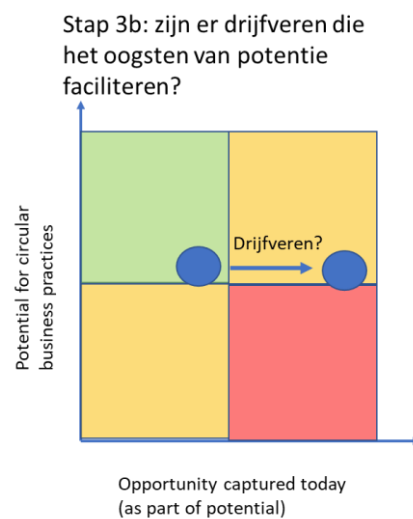
Een voorbeeld van een drijfveer gericht op kosten zou de verwachte regeling van statiegeld op aluminiumblikjes kunnen zijn, of de mogelijke impact van BTW-differentiatie voor 'circulaire' producten of activiteiten.

Een voorbeeld van een wettelijke drijfveer was het uitfaseren van gloeilampen. Duidelijke vormen van recente sociaal-culturele drijfveren die te maken hebben met consumptie van huishoudens zijn moeilijker te vinden (Umfenbach 2014), maar

⁹ Raamwerken voor transitie zoals gebruikt in het werkprogramma monitoring en sturing (o.a. van Hekkert, Loorbach) zijn voor dit doel te uitgebreid. Het reduceren van de transitie tot vier fundamentele drijfveren past beter in de aard van de Vingerafdruk methode.

zouden gevonden kunnen worden in de beïnvloeding van ons gedrag door sociale media, activistische NGOs of SIRE-campagnes ('Waardeer het, repareer het').

Onderstaand schema geeft een beeld van een mogelijk resultaat van stap 3 na consultatie van de experts. Als uitgangspunt wordt een product genomen met een gemiddelde potentie voor circulaire business waar slechts een gedeelte van die potentie in de huidige situatie wordt binnengehaald. Als gevolg van de analyse door experts wordt ingeschat dat er drijfveren kunnen worden gevonden die ervoor zorgen dat een groter deel van die theoretische circulaire potentie wordt geoogst. Overigens is het in de expertsessies mogelijk aandacht te besteden aan slechts één van de drijfveren, bijvoorbeeld afhankelijk van de betrokken specialisten en doelgroep. Zo kan het relevant zijn de impact van regelgeving voor beleidsmedewerkers eruit te lichten.



De ontwikkeling van ICT is een belangrijke drijfveer waar we hier wat dieper op ingaan. De Ellen MacArthur Foundation heeft een beschrijvende analyse gemaakt van de impact van ICT-innovaties en hun mogelijke disruptieve impact op de circulaire economie. Een overzicht van deze analyse is te vinden in Figuur 4.

Stap 3: Gebruikers geven een expert judgement oordeel over wat zij denken dat de komende jaren van invloed gaat zijn op een product en/of een circulaire strategie. Welke verandering verwachten we als gevolg van technologische ontwikkeling, economische, wettelijke of culturele drijfveer? Welke potentiële reductie zou dat hebben op impact van de productie van deze/dit product(groep)? Wat als deze verandering volledig doorzet?

De impact van ICT zit hem in een zeer sterk toegenomen kennis over beschikbaarheid, conditie en locatie van een product. Hiermee kunnen sharing platforms en activiteiten t.b.v. verlenging van de levensduur aanzienlijk in omvang stijgen. In de ook al aangehaalde verkenningen "Slim èn circulair : hoe de smart industry circulaire economie in de praktijk brengt" blijkt op basis van interviews in de maakindustrie dat er dat circulaire activiteiten, vaak ingegeven door de introductie en ontwikkeling van ICT, gemeengoed zijn in de maakindustrie.

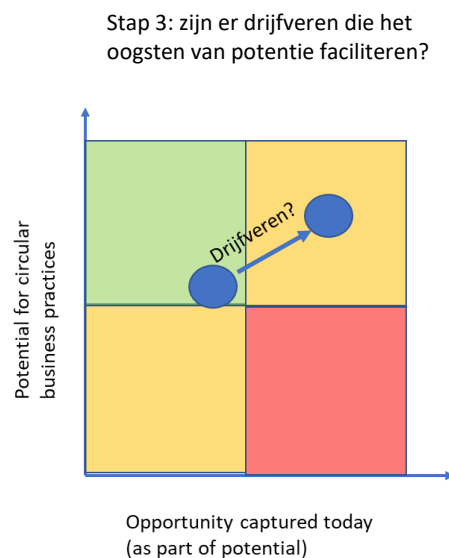
INTERACTIONS OF CIRCULAR ECONOMY AND INTELLIGENT ASSET VALUE DRIVERS AND EXAMPLE OF VALUE CREATION OPPORTUNITIES

	INTELLIGENT ASSET VALUE DRIVERS		
CIRCULAR ECONOMY VALUE DRIVERS	Knowledge of the location of the asset	Knowledge of the condition of the asset	Knowledge of the availability of the asset
Extending the use cycle length of an asset	<ul style="list-style-type: none"> Guided replacement service of broken component to extend asset use cycle Optimised route planning to avoid vehicle wear 	<ul style="list-style-type: none"> Predictive maintenance and replacement of failing components prior to asset failure Changed use patterns to minimise wear 	<ul style="list-style-type: none"> Improved product design from granular usage information Optimised sizing, supply, and maintenance in energy systems from detailed use patterns
Increasing utilisation of an asset or resource	<ul style="list-style-type: none"> Route planning to reduce driving time and improve utilisation rate Swift localisation of shared assets 	<ul style="list-style-type: none"> Minimised downtime through to predictive maintenance Precise use of input factors (e.g. fertiliser & pesticide) in agriculture 	<ul style="list-style-type: none"> Automated connection of available, shared asset with next user Transparency of available space (e.g. parking) to reduce waste (e.g. congestion)
Looping/cascading an asset through additional use cycles	<ul style="list-style-type: none"> Enhanced reverse logistics planning Automated localisation of durable goods and materials on secondary markets 	<ul style="list-style-type: none"> Predictive and effective remanufacturing Accurate asset valuation by comparison with other assets Accurate decision-making for future loops (e.g. reman vs. recycle) 	<ul style="list-style-type: none"> Improved recovery and reuse / repurposing of assets that are no longer in use Digital marketplace for locally supplied secondary materials
Regeneration of natural capital	<ul style="list-style-type: none"> Automated distribution system of biological nutrients Automated location tracking of natural capital, such as fish stocks or endangered animals 	<ul style="list-style-type: none"> Immediate identification of signs of land degradation Automated condition assessment, such as fish shoal size, forest productivity, or coral reef health 	

Figuur 4: Impact ICT op de circulaire economie (bron: EMF: Intelligent Assets, 2016)

Net als bij de andere drijfveren, is het vanzelfsprekend ook koffiedik kijken in welke mate deze ICT-ontwikkelingen daadwerkelijk zullen bijdragen aan het verminderen van de finale consumptie of in verlenging van levensduur van producten. Een inschatting van die impact kan alleen op productbasis worden gegeven door experts en direct betrokkenen. Een poging daartoe is ondernomen in 2020 door TNO: in opdracht van de provincies Gelderland, Noord-Brabant, Overijssel en Zuid-Holland en de branche-verenigingen FME en Metaalunie, en het Ministerie van EZK zal een aantal concreet en bij bedrijven geïmplementeerde ontwikkelingen in de Smart Maakindustrie rond servitization, 'smart maintenance', asset sharing en nieuwe productietechnologie (en dan m.n. 3 D printing) worden onderzocht met als oogmerk een inzicht te krijgen in de gevolgen voor materiaalinzet en integrale milieu-impact.

Het is overigens interessant om te bemerken dat een drijfveer niet alleen van invloed is op de toepasbaarheid van een bepaalde circulaire strategie, maar ook op de producteigenschappen zelf. Toepassing van ICT zal bepaalde producten zodanig van karakter doen veranderen dat de Vingerafdruk van de producten zelf verandert, en daarmee dus ook de circulaire potentie van dat product op basis van toepasbaarheid van circulaire strategieën. Schematisch gezien ziet deze andere toepassing er als volgt uit:



In dit geval is het gevolg van één der drijfveren dat het product een hogere score bereikt volgens de systematiek van Tabel 4. Een voorbeeld zou kunnen zijn dat door toepassing van sensoriek de hoeveelheid data die beschikbaar is toeneemt t.o.v. de uitgangssituatie, waardoor het potentieel voor circulaire business toeneemt. Een vergelijkbaar geval zou zich kunnen voordoen als een design-verandering ervoor zorgt dat een product een hoger potentieel heeft dan het oorspronkelijk product. Een voorbeeld is het modulair maken van een smartphone (Fairphone) waardoor het potentieel voor langere levensduur (vanwege refurbishment) zou toe kunnen nemen.

Afsluitend merken we nog op dat de Vingerafdrukmethode op een versimpelde manier ruimte biedt aan incrementele verbeteringen en aan disruptieve innovatie. Die inschatting wordt immers gegeven door experts. Daarbij kunnen verschillende

routes worden bewandeld: een disruptieve innovatie kan op productniveau voor een stevige impact zorgen, maar een gering marktaandeel krijgen. Datzelfde geldt natuurlijk ook als de resultaten worden geëxtrapoleerd naar andere productgroepen die dezelfde kenmerken bezitten als de onderzochte cases.

Overigens is de term disruptief natuurlijk vrij te interpreteren. Hiervoor kan de term “factor 5” worden ingezet. Dit betekent een verbetering van de impact met 80%. Deze factor is gebaseerd op het beroemde werk van (Weizsäcker et al. 2009). In dit werk beschrijft hij tal van productinnovaties die leidden tot een reductie van milieu-impacts met een factor 5. De bevinding van Weizsäcker was overigens dat zo lang economische prikkels ontbraken een innovatie met dergelijke disruptieve milieu-impact niet op grote schaal werd overgenomen.

2.5.4 *Stap 4 van 4: becijferen van de impact*

Het vierde en laatste onderdeel van het stappenplan maakt gebruik van databases die zijn gecreëerd op productniveau (en die integraal onderdeel zijn van dit project). De inschattingen van de mogelijke verschuivingen als gevolg van de besproken drijfveren die zijn ingeschat in stap 3 kunnen gebruikt worden om in te schatten welke product-milieu-impact kan worden bereikt¹⁰. Dit kan ogelijk per circulaire strategie en per drijfveer worden bepaald.

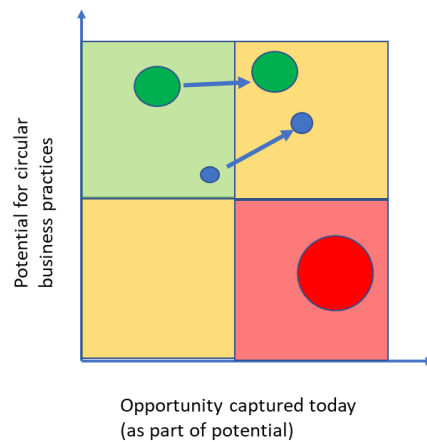
Stap 4: Gebruikers zoeken de coëfficiënt in de database die hoort bij de productgroep(en) relevant voor hun analyse. De waarde van de database zit vooral in het geven van een geloofwaardige orde van grootte van de huidige impact van een finale productgroep (absoluut en t.o.v. andere productgroepen). Daarnaast kan het een indruk geven van de te bereiken reductie in het geval de huidige milieu impact verminderd kan worden door circulaire strategieën.

De rekentool, die onderdeel is van de database in Excel, kan vrij worden ingezet en geeft de gebruiker direct een beeld hoe de impact zich gedraagt onder verschillende aannames en getallen. Het biedt daarmee de mogelijkheid om een gevoeligheidsanalyse te doen. De verwachting is dat de gebruiker extra inzicht krijgt door direct te kunnen “spelen” met de uitkomsten.

De uitkomst van deze stap zou er uit kunnen zien als in onderstaand schema. In dit voorbeeld is de grootte van de cirkels een maat voor de ingeschatte milieu-impact, gebaseerd op de data uit de meegeleverde database. De blauwe cirkels representeren een product dat door design-veranderingen en toepassing van drijfveren meer milieu-impact bereikt, maar de absolute bijdrage van dit product is kleiner dan van de andere producten. De groene cirkels geven een product aan waar drijfveren zorgen voor binnenhalen van potentie, waarbij de absolute bijdrage groter is dan bij de blauwe cirkels. De rode cirkel representeert een product met een grote milieu-impact maar met een lage potentie voor circulaire business die bovendien al binnengehaald is.

¹⁰ Op basis van de Nederlandse of Engelse beschrijving van de productgroep kan een gebruiker ook de zoekfunctie gebruiken in het geval zij of hij niet weet welke productgroep precies de juiste is voor het vinden van de coëfficiënten.

Stap 4: Inschatting van het te bereiken potentieel



Het gebruik van de database en een integraal overzicht van productkarakteristieken voor een brede groep productgroepen maakt het mogelijk de uitkomsten voor een enkele productgroep (stappen 1 t/m 4) te extrapoleren naar impact voor de gehele economie. Op die wijze wordt een indruk gegeven van de te verwachte CO_{2eq} reductie in het geval de drijfveren uit stap 3 tot reële verandering zouden leiden. De waarde van de uitkomsten per productgroep en/of per drijfveer voor een circulaire strategie geeft eerder een inschatting van de impact van bepaalde scenario's dan een nauwkeurige berekening van de milieu-impact. Daar is deze methodiek echter niet voor bedoeld. Voor nauwkeurige analyses van milieu-impact zijn de eerder gemelde gereedschappen veel meer geëigend.

Het is mogelijk gebleken om de volgorde van stappen 1, 2 en 3 te wijzigen.

In het geval iemand een drijfveer centraal wil stellen, bijvoorbeeld het instellen van een verbod op het gebruik van een bepaald materiaal, is het nodig om met stap 3 te beginnen. Daarna kunnen stappen 1 en 2 volgen, waarbij in stap 1 moet worden bepaald welke productgroepen onderhevig zijn aan het betreffende verbod.

In het geval iemand een business model centraal wil stellen, bijvoorbeeld een vorm van verdienstelijking waarbij het product niet permanent in het huishouden aanwezig is, is het nodig om met stap 2 te beginnen. Daarna kunnen stappen 1 en 3 volgen, waarbij in stap 1 moet worden bepaald op welke productgroepen het businessmodel in kwestie van toepassing kan zijn.

In het veranderen van de volgorde wordt in feite dus altijd een vijfde stap geïntroduceerd: het zoeken naar productgroepen die relevant zijn voor de drijfveer of het businessmodel in kwestie. Deze vijfde stap kan ook worden omschreven als het zoeken naar een opschalingspotentieel: het actief zoeken naar producten die onderhevig zijn aan een potentierijke drijfveer of businessmodel.

3 Ervaringen met toepassing van de vingerafdruk-methode: lessen uit case-studies

Met experts en beoogde gebruikers is de methode doorlopen en is een groot aantal voorbeeldcases behandeld. In dit hoofdstuk wordt daar op ingegaan.

3.1 Borging methode-ontwikkeling door bevragen experts

Er is een reden waarom het bepalen van circulaire potentie en de impact van die potentie op relatief weinig aandacht kan rekenen in het onderzoeksveld van de circulaire economie. Het is een speculatieve activiteit. Het vereist het versimpelen van vele complexe factoren die een rol spelen in de productie en consumptie van een product. Afgezien van de methode voor bepalen van een potentie is het gebruiken van data uit LCA-databases of macrodatabases met milieu-extensies een heikele stap. Het beeld zou immers kunnen ontstaan dat goede en nauwkeurige data worden gebruikt om een uiterst grove en speculatieve uitkomst te verkrijgen. Het bepalen van circulaire potentie lijkt dus een combinatie van complex en gevoelig voor een groot afbreukrisico. Ter validatie van de hier geïntroduceerde stappen zijn deskundigen en beoogde gebruikers geraadpleegd.

Samen met de beoogde gebruikers zijn uiteindelijk 48 productgroepen geanalyseerd. De productgroepen in kwestie zijn gekozen op basis van een voorselectie door stakeholders in het Uitvoeringsprogramma Circulaire Maakindustrie (UPCM). Deze producten zijn in de Bijlage vermeld, en enkele voorbeelden worden hier besproken.

Toepassing Vingerafdruk voor “container as-a-service”

In september 2020 hebben enkele experts van o.a. een bedrijf uit de afvalverwerking, gemeenten en een leverancier van voertuigen de Vingerafdruk methode toegepast voor de casus “container as-a-service”. Deze casus gaat uit van een businessmodel waarin afvalcontainers in het bezit blijven van het aanbiedende afvalverwerkende bedrijf. De verwachte winst zat in het hergebruiken van veel onderdelen van afvalcontainers en gerelateerde apparatuur, in een situatie waarin het bedrijf regelmatig (“elk jaar”) verbeteringen kan doorvoeren aan de container.

De Vingerafdruk methode liet zien dat een significante milieuwinst te behalen is door het gescheiden en/of beter inzamelen van allerlei afvalstromen. Daarnaast zouden goud en zilver uit het afval gecollecteerd kunnen worden in hoeveelheden die eventueel winstgevend zouden zijn. Deze winsten waren vooraf niet verwacht en kwamen voort uit technologische drijfveren die aanvankelijk niet werden ingeschat. De milieuwinst van het hergebruiken van delen van de containers bleek relatief zeer klein vanwege de geringe voetafdruk van de gebruikte hoeveelheden beton en staal. Deze winst werd eerder wel verwacht.

De volledige resultaten van de casus “container-as-a-service” zijn beschreven in een powerpoint-bestand dat online beschikbaar is.

3.2 Gebruik van de vingerafdruk aan de hand van voorbeeldvragen

Uit workshops met beoogde gebruikers is gebleken dat voor gebruikers het behulpzaam is voorbeeldvragen te genereren voor het vaststellen van de productkarakteristieken. De volgende vragen in *Tabel 7* geven aan op welke wijze gebruikers wordt gevraagd om na te denken over de productgroepen.

Tabel 7: voorbeeldvragen stap 1

Eigenschap	Bijbehorende vraag
Gemiddelde prijs product	Wat is de bandbreedte van prijzen van dit product? Is er een groot prijsverschil binnen deze productgroep? Hoe schat je de handelsmarge in dat door verkopende partij op het product wordt geheven?
Levensduur	Wat is de bandbreedte van de levensduur van dit product? Zijn er gevallen waarin dit product veel langer of korter meegaat?
Volume/gewicht per product	Wat is de bandbreedte van het gewicht voor dit product? Beïnvloedt het gewicht hoe je dit product gebruikt?
Technische dynamiek, hoe snel gaat de innovatie	Hoe snel wil je als gebruiker een geheel nieuw product dat het oude vervangt?
Paraat staan, welk deel van de tijd moet het product direct tot de beschikking zijn	Zijn er situaties denkbaar waarin je altijd direct van het product gebruik wil maken? Als het product niet wordt gebruikt, zou een ander er dan redelijkerwijs gebruik van kunnen maken?
Is er data beschikbaar van het product, zowel uit productiefase als gebruiksfase?	Wordt er reeds data gegenereerd tijdens het gebruik? Is het praktisch denkbaar (prijs daargelaten) dat sensoriek kan worden ingezet om het gebruik te volgen?
Is een product in principe gereed te maken voor gebruik door ander persoon/huishouden?	Kan het product (grondig) worden gereinigd met huidige technieken? Hoe eenvoudig is het om de kosten van reiniging te bepalen, teneinde te beoordelen of reiniging de moeite waard is?
Modulariteit, uitgedrukt in het aantal door mens of machine te demonteren onderdelen?	Kan het product uit elkaar gehaald worden? Is lijm, schroeven, spijkers, wrijving, een lasnaad of druk gebruikt om onderdelen te verbinden? Zou een machine effectiever demonteren dan een mens met gereedschap?
Is er sprake van dissipatief gebruik?	Zijn er onderdelen die verbruikt worden?
Inschatting aandeel materialen in product, dat op een prijsniveau dat vergelijkbaar is met de primaire grondstof kan worden gerecycled	Hoe kan de prijs worden bepaald van het recyclaat, als (onderdelen van) het product wordt gerecycled? Hoe eenduidig is de prijs van de vergelijkbare primaire grondstof? Is het mogelijk om het product te maken van (gedeeltelijk) secundaire grondstoffen?

Voorbeeldvragen die helpen de mogelijke impact van een drijfveer te bepalen zijn weergegeven in Tabel 8.

Tabel 8: voorbeeldvragen stap 3

Drijfveer	Bijbehorende vraag
Technologie	Wordt het product beïnvloed door innovaties in ICT? Zijn er voorbeelden van nieuwe materialen die gebruikt worden in dit product? Is er een nieuwe assemblage methode denkbaar? Is elektrificatie mogelijk van belang? Zijn er logistieke innovaties die relevant zijn voor dit product? Zijn er innovatietrajecten die in het bijzonder relevant kan zijn voor dit product?
Economie	Is er, in de huidige omstandigheden, economische waarde van dit product die onnodig wordt onbenut of zelfs vernietigd? Is er een belasting of subsidie aanstaande die voor dit product gaat gelden? Zijn er betalingstransacties nodig in de gebruiksfase die een voorwaarde zijn van het gebruik van dit product (bijvoorbeeld opladen van elektriciteit)? Zijn er innovaties denkbaar
Wettelijk	Is er een verbod of gebod dat voor dit product gaat gelden? Gaat er scherpere naleving plaatsvinden van huidige wet- en regelgeving?
Sociaal-cultureel	Is er bewijs voor een maatschappelijke trend die de consumptie van dit product gaat beïnvloeden? Is er een diepgeworteld cultureel aspect aan dit product?

3.3 Vingerafdrukmethode inzetten voor verzamelen expert judgement

De Vingerafdrukmethode kan bijdragen aan een snelle inschatting van een impact, bijvoorbeeld een milieu-impact. Wellicht belangrijker is dat door het toepassen van de Vingerafdruk methode ook een framework is opgebouwd om resultaten van gebruikerssessies systematisch vast te leggen en te ordenen, met name de resultaten die verkregen die in stap 1, 2 en 3 verkregen zijn over drijfveren en de impact daarvan. Daarmee is de Vingerafdrukmethode niet slechts voor de gebruiker van waarde, maar wellicht juist ook weer voor de uitvoerder van de methode, die immers een uitdijend inzicht krijgt van de wijze waarop experts drijfveren benoemen en over hun impact redeneren.

De resultaten van de methode zijn daarmee ook en wellicht vooral in te zetten als input voor een scenario studie. In plaats van de nadruk op kwantificatie (zoals uitgelegd in hoofdstuk 2) zal de kennis van experts ook als een beschreven scenario gepresenteerd kunnen worden. Het is daarbij mogelijk om verschillende scenario's naast elkaar te beschrijven, dat recht doet aan de mate van onzekerheid die onvermijdelijk het gevolg is van het zich uitspreken over toekomstige situaties. Het gebruiken van de Vingerafdrukmethode maakt het mogelijk om producteigenschappen, circulaire strategieën en drijfveren methodisch, transparant en repliceerbaar te beschrijven. Een kwantificatie kan een gevoel van schijn nauwkeurigheid geven. De nadruk daar op leggen (alhoewel het zeker relevante inzichten en inschattingen oplevert) doet geen recht aan de toepassingsmogelijkheden van de gehele methodiek.

3.4 Analyse van circulaire potentie voor gehele economie

Tot nu werd op basis van de 'Vingerafdruk' van een product een methode opgezet, waarbij op basis van gevalideerde informatie inschattingen kunnen worden gegeven over de circulaire potentie van een enkel product of productgroep.

Ter illustratie gekozen als disruptief voorbeeld: potentie voor automotive

Acht productgroepen in de reeks 870321 t/m/ 870390 beschrijven persoonsvoertuigen, oftewel auto's (deze informatie is te vinden rijen 804 t/m 809 in werkblad "Vingerafdruk hele economie 2020" in een bij dit rapport behorende excelsheet die bij de auteurs kan worden aangevraagd). In de oefening met experts zijn deze productgroepen gebruikt als disruptief "voorbeeld".

Het voorbeeld is natuurlijk niet willekeurig gekozen. Er zijn aanwijzingen dat technologie en markt de verkoop van elektrische voertuigen de komende jaren sterk gaan beïnvloeden. De door de vingerafdruk voorgestelde "factor 5" die hoort bij disruptieve innovatie kan van toepassing zijn op de combinatie van elektrisch rijden in combinatie met het verhogen van de bezettingsgraad door voertuigen en substitutie van autoritten. Meerdere LCA studies (bijvoorbeeld Miotti et al. 2016) geven aan dat de totale emissie van CO_{2eq} over de levensduur van elektrische voertuigen minstens de helft kan zijn van een interne verbrandingsmotor. Het resterende deel van de impactreductie zou kunnen voortkomen uit de groei van de bezettingsgraad (huren, delen, flexibele private lease) en het vervangen van autoritten door andere vormen van mobiliteit. Maar nogmaals: het voorbeeld is gekozen om te laten zien dat disruptieve ontwikkelingen verwacht worden in enkele productgroepen. Het voorbeeld is geen bewijs van een disruptieve ontwikkeling in de automotive.

De methode en vooral de onderliggende database maakt het ook mogelijk de inzichten verkregen over één productgroep te extrapoleren naar de gehele economie.

Voor de producten op HS/CN 6-digitaal niveau (bijna 1100 productgroepen) is met de eerdergenoemde experts een overzicht gemaakt van de tien belangrijkste eigenschappen voor het bepalen van circulaire potentie t.b.v. een inschatting van de gevolgen van inzet van besproken drijfveren op de (reductie van de) materiaalbehoefte.

Voor twee-en-dertig productgroepen op HS/CN 6-digitaal niveau is de circulaire potentie bepaald, waarbij de betreffende productgroepen uitgebreid zijn besproken (Zie bijlage 2 voor een overzicht van de Vingerafdruk resultaten van de sessie).

Op basis van de gevonden veranderingen/potentie per productgroep is een extrapolatie mogelijk op het niveau van Nederland. Daarbij zullen de behandelde 48 productgroepen worden toebedeeld aan de overige ca. 1100 productgroepen die de finale producten (niet de grondstoffen en intermediaire producten) in de gehele economie vertegenwoordigen. De interpolatie vindt plaats op basis van het kopiëren van de voor de 48 productgroepen bevonden eigenschappen en drijfveren naar de rest van de economie.

In de supplementaire informatie, behorende bij dit rapport, is de analyse gegeven in tabblad "Vingerafdruk voor de hele economie" in bestand Vingerafdruk CE database. Hier zijn alle gegeven beoordelingen online gepubliceerd en gebruikers

worden in staat gesteld om zelf de gevoeligheid van gegeven beoordelingen te verkennen.

Ter illustratie van de toepassing van deze database van bijna 1100 productgroepen, volgt hier een voorbeeldanalyse.

Zonder te differentiëren over productgroepen is voor alle productgroepen de impact van de drijfveren (stap 3) arbitrair gekozen op 1%. Een uitzondering zijn de productgroepen in rij 804 t/m 809 (Automotive: zie tekstbox). Deze hebben, om de impact van disruptieve innovatie en bijbehorende reductie van milieu-impacts, een factor vijf c.q. een reductie van 80% gekregen. De potentie voor de totale reductie van broeikasgasemissies van de Nederlandse economie van deze 1% innovatie voor alle finale producten (met dus automotive als uitzondering) als gevolg van circulair economische strategieën komt op uit op 6,2 Mton CO₂. Dit is in de database -behorend bij dit rapport- te zien als het totaal van kolom AY. Van dit berekende totaal is 2,5 Mton afkomstig van de productgroepen die autovoertuigen voor personenvervoer (tot 9 personen) beschrijven.

4 Discussie: relevantie en toepasbaarheid van de vingerafdrukmethode

De ervaringen in dit project opgedaan lijken de conclusie te ondersteunen dat de methode zinvol is, op basis van de reacties van experts die de methode actief hebben toegepast. Op basis van de gebruikte databronnen is er reden om te verwachten dat de methode een robuuste en geïnformeerde denkoefening over circulaire potentie ondersteunt en kan bijdragen aan prioritering van aandachtsgebieden op basis van kwantitatieve impact-inschattingen. Tegelijk moeten daarbij altijd de simplificaties worden genoemd die de Vingerafdruk methode hanteert: geen aangenomen “rebound” in de vraag naar producten, geen indirecte effecten in de keten, geen basispad scenario etc.. Evengoed kunnen niet alleen de uitkomst van de vier stappen, maar ook de elementen van de stappen zelf kunnen uitnodigen aspecten van circulaire strategieën verder uit te diepen.

4.1 Waar zit onzekerheid?

Data

Alhoewel de vingerafdrukmethode toegepast wordt om een gedeeld beeld over circulaire potentie te krijgen en de manieren om die te bereiken, is er ook een kwantitatieve component waar onzekerheden in schuilen.

De bronnen waarmee de Vingerafdruk database is samengesteld zijn gezaghebbend, al zijn ze zonder uitzondering geïnterpreteerd bewerkt voor dit project. In het geval van de EcolInvent database is de cijfers per productgroep geaggregeerd. In het geval van de EXIOBASE, CBS en EIPRO database geldt dat de coëfficiënten zijn toebedeeld aan de ca. 1100 productgroepen in de Vingerafdruk database. Een beperking die voor alle cijfers geldt is dat een gefixeerd basisjaar is gekozen. Updates van de achterliggende databases kunnen in principe worden geleverd voor nieuwe jaren. De mate van detail is volgens geraadpleegde experts als acceptabel beoordeeld. Daarbij is er wel een foutmarge die wordt geïntroduceerd door het toedelen van minder gedetailleerde bronnen naar het niveau van de GS/GN 6-digit die hoort bij de 1100 productgroepen.

De hoogste waarden van de milieu-impact-coëfficiënten die zijn gevonden zijn weergegeven in Tabel 9. De productgroepen waar de hoge waarden aan verbonden zijn bevatten (absoluut of relatief) veel metalen met een hoge voetafdruk, zoals platina, zeldzame aarde metalen en goud. De zoektocht naar uitbijters levert op het eerste gezicht dus geen merkwaardige waarden op.

Tabel 9: productgroepen met hoge CO_{2eq} coëfficiënten

Label	CN 6	CO _{2eq} /kg
Medical, Surgical Or Laboratory Sterilizers	841920	0.33
Machinery For Type Founding And Typesetting "Combined", E.G. Linotypes, Monotypes And Intertypes	844220	0.56
Machinery, Apparatus And Equipment For Preparing Or Making Printing Blocks, Plates, Cylinders Or Other Printing Components (Excl. Machine Tools Of Heading 8456 To 8465 And Machinery For Type Founding And Typesetting)	844230	0.56

Photographic Plates And Film, Exposed And Developed, For Offset Reproduction (Excl. Products Made Of Paper, Paperboard Or Textiles And Ready-To-Use Plates)	370510	0.57
Microfilm, Exposed And Developed (Excl. Microfilm For Offset Reproduction)	370510	0.57
Articles Of Goldsmiths" Or Silversmiths" Wares Or Parts Thereof, Of Precious Metal Other Than Silver, Whether Or Not Plated Or Clad With Precious Metal (Excl. Jewellery, Watch- And Clockmakers" Wares, Musical Instruments, Weapons, Perfume Atomizers And	711419	0.58
Articles Of Jewellery And Parts Thereof, Of Base Metal Clad With Precious Metal (Excl. Articles > 100 Years Old)	711320	0.59
Machines Used In The Manufacture Of Linoleum Or Other Floor Coverings For Applying The Paste To The Base Fabric Or Other Support (Excl. Calenders And General Purpose Presses)	845180	1.04
Semiconductor Devices, N.E.S.	860630	1.71
Cathode Ray Oscilloscopes And Cathode Ray Oscillographs	910119	1.71
Electric Motors Of An Output Not Exceedng 37.5 W	850120	0.27
Electric Motors Of An Output Exceeding 37.5 W (Including Universal Ac/Dc Motors), Ac	850164	0.43
Photosensitive Semiconductor Devices; Light Emitting Diodes	860610	0.59

Daarnaast is het jaarlijks volume van de gerapporteerde materiaalstroom c.q. productstromen voor een deel afkomstig uit import. Welk deel van deze import als wederuitvoer de Nederlandse economie relatief snel verlaat is onduidelijk, wat een onzekerheid introduceert op de betrouwbaarheid van de (CO_{2,eq}) coëfficiënten. Producten die immers niet in de Nederlandse economie worden gebruikt of geconsumeerd zouden nauwelijks moeten bijdragen aan de milieudruk op nationaal niveau, maar met de huidige berekeningsmethode doen ze dat wel. De gemiddelde prijs per eenheid voor een productgroep is ook op basis van de producentenprijzen (exclusief subsidies, belastingen en handelsmarges) die gerapporteerd worden voor import en exportstromen. Hiermee zijn de prijzen robuuster, alsook de waarde toevoeging die producten in de nationale/Nederlandse economie ontvangen door bedrijfsactiviteiten in Nederland.

Eigenschappen zoals "gemiddelde levensduur" en "paraat staan" worden op basis van schattingen door de gebruiker bepaald. Het gebruik van eigenschappen die per definitie steunen op inschattingen van gebruikers dan op statistiek introduceert een extra onzekerheid.

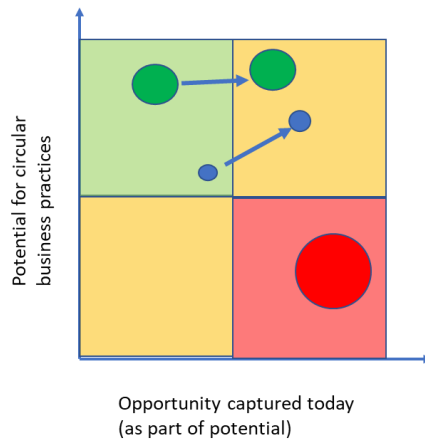
Drijfveren

De drijfveren worden op basis van expert judgements vertaald in een (procentuele) verschuiving in de mate waarin een circulaire potentie wordt bereikt. Deze veranderingen zijn daarmee per definitie subjectief, maar bieden bij juiste vastlegging wel een uitstekende basis voor scenario-vorming en voor het aanwakkeren van discussie en aanpassing van de eerste inzichten.

In de illustratie van stap 4 is de onzekerheid rond de omvang van drijfveren gevisualiseerd. De grootte van de bollen hebben de zekerheid die samenhangt met de betrouwbaarheid van de data. De blauwe pijl steunt op de expert judgement die de drijfveren bepalen. Deze is wel dominant voor je impact berekening en moet dus

qua becijfering met scepsis worden geïnterpreteerd. Tegelijk is de betreffende expert judgement inschatting een transparante bouwsteen voor een “wat-als-dan” scenario.

Stap 4: Inschatting van het te bereiken potentieel



Broeikasgas als representant van milieu-impact

De huidige database bevat alleen nog coëfficiënten voor broeikasgassen. De mogelijke valkuil in het isoleren van CO_{2eq} als impact ligt in het negeren van het verplaatsen van negatieve impacts naar de andere midpoint impact indicators. Dit houdt mogelijk de onwetendheid van lezers/gebruikers in stand die de afweging tussen milieu-indicatoren niet kunnen overzien.

Vergelijken van alternatieven binnen een productgroep niet gefaciliteerd

Een belangrijke toepassing van LCA ligt in het gedetailleerd vergelijken van alternatieve processen of samenstellingen voor het te analyseren product. De Vingerafdrukmethode geeft geen expliciete mogelijkheid om de milieu-impact van een verandering te vergelijken op basis van specifieke keuzes in productontwerp of proces. Wel is het natuurlijk mogelijk te analyseren wat de impact is van een drijfveer op het bereiken van een optimale circulaire potentie.

Geen macro-economisch beeld van verschuivingen

Daarnaast is er gekozen om in deze studie te focussen op een vermindering van milieu-impact. Daarmee is het nu niet mogelijk om expliciet de af- of toename van finale consumptie van een productgroep te analyseren, bijvoorbeeld om een rebound effect te bepalen (“minder impact van consumptie van de ene productgroep die deels ongedaan wordt door meer impact van toegenomen consumptie van deze of andere productgroepen”).

4.2 Hoe moet je de uitkomst interpreteren?

Met de kracht van herhaling moet gezegd worden dat het doel van de Vingerafdruk methode is om een opstap te zijn naar een meer gerichte en uitgebreidere analyse van circulaire potentie, de ordegrrootte daarvan en de verschillende scenario's hoe die te bereiken op basis van verschillende drijfveren. Deze stappen moeten aanleiding zijn voor gedetailleerder vervolgstappen, bijvoorbeeld met behulp van LCA. De methode moet de gebruiker een zogenaamde “180 graden

nauwkeurigheid” geven, dat wil zeggen dat de resultaten in ieder geval niet de verkeerde kant op wijzen. In de database wordt een disclaimer vermeld in het “readme” werkblad. Een suggestie voor een referentie van een resultaat van de Vingerafdrukmethode luidt: The proposed citation of results obtained from using this file is: "initial estimations based on TNO Vingerafdruk database, v8 from 2021".

Opgemerkt wordt dat strategie R0 niet expliciet vertegenwoordigd is in de Vingerafdrukmethode. Het simpelweg minder consumeren is immers ook altijd een mogelijke strategie, wellicht zelfs één met een relatief grote bijdrage aan het verlagen van de milieudruk. Het is wel mogelijk om een directe inschatting van de mogelijkheid om te “consuminderen” met de CO_{2eq} coëfficiënten in de database op te nemen.

Het is duidelijk geworden dat de Vingerafdruk methode kan worden toegepast voor een enkel product en voor geaggregeerde productgroepen die grote delen van de economie beslaan. In het eerste geval besteedt men enkele uren aan een product met daarin uitdrukkelijke aandacht voor de impact van specifieke drijfveren. Het voorbeeld van “container as a service” en “batterij recycling” zijn hier goede voorbeelden van. In het tweede geval besteedt men dezelfde tijd om voor 1100 productgroepen voor de verschillende Vingerafdruk-eigenschappen een waarde toe te bedelen. De methode kan dus in de “lengte of de breedte” worden toegepast. De uiteindelijke tijdsinspanning is voor beide toepassingen dezelfde, maar de duidelijkheid van de vervolgstappen is veel minder in het geval vele productgroepen op hoog tempo worden besproken. In die zin is het aan te bevelen bij een eerste toepassing het aantal productgroepen klein te houden.

Zoals eerder al aangegeven biedt de tool in de database eindeloze mogelijkheden voor een gevoeligheidsanalyse, of minder formeel, het spelen met resultaten. Gebruikers moeten worden uitgenodigd om dit te doen vanwege het te verwachten emanciperend effect dat uitgaat van het werken met realistische data die op hoofdlijnen zinnige resultaten zou moeten geven. Deze oefening zal ook vervolgvragen kunnen aanscherpen. Overigens is het te overwegen die (gevoeligheids)analyse van de database te laten verrichten, om de mogelijkheid te scheppen de uitkomsten van de methode en de toepassing van de database op de juiste manier in te kunnen zetten in het werkprogramma MSCE.

De database geeft de kans om het aandeel van een productgroep in de gehele finale consumptie van een economie te bekijken. Tussen de 1100 productgroepen in de database staan ongetwijfeld productgroepen waar gebruikers zich nooit van hebben gerealiseerd dat ze een rol spelen in de economie. De database laat soms obscure producten zien die minder snel voor de geest komen bij het grote publiek. Tegelijk betreft het hier machines of voertuigen met veelal een duidelijke circulaire potentie. Daarnaast is het interessant om te zien hoe de naamgeving van labels verandert door de tijd en hoe schijnbaar verouderde productgroepen worden gevormd rond producten die in de loop der jaren aan incrementele innovatie hebben blootgestaan. De omschrijving die recent is veranderd van mobiele telefoon naar smartphone is daarvan een voorbeeld.

5 Aanbevelingen voor een vervolg: verdere ontwikkeling en toepassing van de vingerafdrukmethode

5.1 Toepassen vingerafdrukmethode in het CE werkprogramma

De Vingerafdruk methode is beproefd door een klein aantal onderzoekers, experts en gebruikers (vooral uit de hoek van de maakindustrie). De methode is in staat om inzicht te bieden in circulaire potentie van productgroepen, de mate waarin circulaire strategieën kunnen worden toegepast, de mate waarin specifieke drijfveren gevolgen zouden kunnen hebben (op basis van expert judgement) voor het bereiken van die circulaire potentie. De vingerafdrukmethode zoals gepresenteerd in dit document (met daarbij de supplementaire informatie) is via zowel dit rapport als een brochure met groot publiek te delen. Afsluitend kan de database de potentie ook kwantitatief duiden in termen van milieu-impact (CO₂-emissie in dit geval) met behulp van een MS Excel waarin waarden van erkende databases zijn gekopieerd. Daarnaast is de methode in staat dit op het niveau van één enkele productgroep te doen en die inzichten te extrapoleren naar een veel bredere set productgroepen die vergelijkbare vingerafdruk hebben.

Het is nu zaak om deze methode voor verschillende gebruikersgroepen en belanghebbenden, afkomstig uit verschillende transitie-gebieden in te gaan zetten. Enerzijds om op consistente wijze een beeld te schetsen van de circulaire potentie over een breed scala aan producten en de invloed van tal van drijfveren daarop, maar ook om de methode aan te scherpen en te valideren. De resultaten van elke op deze methode gebaseerde sessie versterken de methode zelf. Daarnaast zal draagvlak ontstaan voor de toepassing van deze methode en bijvoorbeeld kunnen dienen om de discussie omtrent de doelen van de circulaire economie aan te scherpen.

De beoogde gebruikers kunnen zijn:

- Individuen verantwoordelijk voor vijf transitie-agenda's in Uitvoeringsprogramma CE
- Beslissers binnen bedrijven
- Ambtenaren bij betrokken ministeries: I&W, Landbouw, EZK en BZ
- Onderwijsinstellingen gericht op duurzaamheid (hogescholen, universiteiten) ten behoeve van educatie
- Vertegenwoordigers van brancheorganisaties
- Betrokkenen bij strategieontwikkeling binnen provincies of (stedelijke) regio's

Bij voorkeur gaat het hier om gebruikers die zich betrokken voelen bij de impact van circulariteit, weet hebben van de verschillende circulaire strategieën en drijfveren in de praktijk en de mogelijkheid hebben vervolganalyses uit te zetten als dat noodzakelijk is voor het onderbouwen van een bevonden circulaire potentie. Overigens kan natuurlijk ook overwogen worden de methodiek op zodanige manier over te dragen dat deze door genoemde beoogde gebruikers ook zelf toegepast kan worden in eigen werkring. De genoemde groepen worden geacht de methode zich binnen korte tijd eigen te kunnen maken en te kunnen toepassen in een periode van een of enkele uren.

5.2 Vervolgstappen methodiek

Voor verdere ontwikkeling van de vingerafdrukmethode is het aan te bevelen dat de volgende stappen worden gezet:

- Borgen van de opgebouwde database in het grondstoffeninformatiesysteem (GRIS)
- Analyseren van de verschillen tussen de achterliggende bronnen in de database, zoals Ecolnvent, Exiobase, EIPRO en de materiaalstromendata van CBS.
- Toevoegen landgebruik en materiaalgebruik als impactcategorie. Dit kan in ieder geval worden gedaan met de Environmental Extensies uit EXIOBASE.
- Gegevens rond importstromen van productgroepen zodanig te verdiepen op basis van de materiaalstromen van CBS, dat de stroom van productgroepen die als wederuitvoer de economie verlaten geëlimineerd kan worden.
- De impact van drijfveren op de potentie voor 'circulaire practices' zou in de toekomst ook vertaald kunnen worden naar economische indicatoren, wat de weg vrij maakt naar het analyseren van toegevoegde waarde en werkgelegenheid als gevolg van het oogsten van circulaire potentie.

Literatuur

- Drummond, P. (2016) POLFREE - Conclusions & Policy Insights. DOI - 10.13140/RG.2.1.4082.9842. Beschikbaar op (bekeken 1 december 2020) https://www.researchgate.net/publication/301222011_POLFREE_-_Conclusions_Policy_Insights
- Ellen MacArthur Foundation (2012) Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition. Ellen MacArthur Foundation, Cowes.
- Ellen MacArthur Foundation (2015b) Circularity indicators: An approach to measuring circularity. Methodology. Granta Design, Cambridge, UK. Beschikbaar op (bekeken op 17 november 2020): https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/insight/Circularity-Indicators_Methodology_May2015.pdf
- Green alliance (2013) Resource resilient UK - report from the Circular Economy Task Force. Dustin Benton and Jonny Hazell, Published by Green Alliance.
- Geerken, T., Schmidt, J., Boonen, K., Christis, M., Merciai, S. (2019) Assessment of the potential of a circular economy in open economies – Case of Belgium. *Journal of Cleaner Production* 227:683–699. Beschikbaar op (bekeken op 7 Oktober 2019): <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.120>
- Huijbregts, M.A.J., Steinmann, Z.J.N., Elshout, P.M.F., Stam, G., Verones, F., Vieira, M., Zijp, M., Hollander, A., Zelm, R. van (2016) ReCiPe2016: A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. *International Journal of Life Cycle Assessment* 22(2):138–147.
- JRC-IES (2011) ILCD handbook: Recommendation for life cycle impact assessment in the European context. Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Publications Office of the European Union, Luxembourg. Beschikbaar op (bekeken op 17 oktober 2020): http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC61049/jrc61049_ilcd%20handbook%20final.pdf
- Miotti, M., Supran, G. J., Kim., E. J., Trancik, J. E. (2016) Personal Vehicles Evaluated against Climate Change Mitigation Targets. American Chemical Society. <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.est.6b00177>
- TNO (2013) Opportunities for a circular economy in the Netherlands. Beschikbaar op (bekeken op 7 september 2019): <https://www.government.nl/binaries/government/documents/reports/2013/10/04/opportunities-for-a-circular-economy-in-the-netherlands/tno-circular-economy-for-ienm.pdf>
- Umpfenbach, K. (2014) Influences on consumer behaviour: Policy implications beyond nudging. Ecologic Institute, Berlin. Available at (accessed 11 October 2019): <https://www.ecologic.eu/10552>
- Weizsäcker, E. Von, Hargroves, K., Smith, M., Desha, C., Stasinopoulos, P. (2009) Factor Five: Transforming the Global Economy through 80% Improvements in Resource Productivity. Earthscan/Routledge, London. ISBN 9781844075911

Bijlage1 Samenhang potentie, circulaire strategieën en waardebehoud

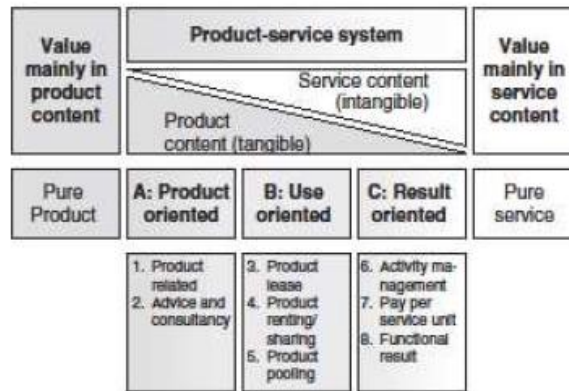
De Ellen MacArthur Foundation heeft in haar rapport 'Towards the Circular Economy' van 2012 een inspirerend en aansprekend beeld van een circulaire economie gepresenteerd. Belangrijke elementen in dit beeld zijn: een systeem gebaseerd op het hergebruik van producten en grondstoffen en op minimalisatie van waarde-vernietiging. Een meer circulaire economie draagt daarmee bij aan het verkleinen van de ecologische voetafdruk en de creatie van waarde en banen.

Het waardebehoud in een circulaire economie is gebaseerd op het verhogen van de economische levensduur van goederen, het intensiveren van het gebruik, en – uiteindelijk- hoogwaardig recycleren van in een product vervatte grondstoffen. Het zijn deze drie strategieën waar het vaststellen van huidige circulaire praktijken op is gebaseerd en waarop ook de methode-ontwikkeling om te komen tot een inschatting van potentiële verschuivingen is gebaseerd (zie hoofdstuk 4).

Het optimaliseren van waardebehoud begint vanzelfsprekend bij een optimaal 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 vaak wel dat de inspanningen aan de voorkant (het ontwerpproces) niet ten goede komen van de partijen die de vruchten ervan plukken (zoals consumenten, onderhoudsbedrijven of recyclers).

Waardebehoud is verder gebaat bij businessmodellen die een versterking van de betrokkenheid van een leverancier of producent bij het product gedurende de nuttige levensduur nastreven. Dergelijke businessmodellen worden *Product-Service-Systems* (PSS) genoemd. In de publicatie "*Eight types of product-service system: eight ways to sustainability?*" geeft Arnold Tukker¹¹ een classificatie van deze PSS. In deze classificatie wordt gesproken van *product, use and result oriented PSS* (figuur 2).

¹¹ Arnold Tukker, Bus. Strat. Env. 13, 246-260 (2004)



Figuur 5. De essentie van de Product Service Systemen, business modellen die in het Ellen macArthur raamwerk uit 2012 nog niet een expliciete naam kregen. Thans *staan ze bekend als "gedeeld gebruik"*.

De product-georiënteerde PSS dragen bij aan een verlenging van levensduur. Met name in de maakindustrie is deze dienstverlening de kern van de operatie. Elke producent van kapitaalgoederen gaat prat op zijn 24/7 dienstverlening, meestal met het oog op vermijden van productiestilstand. Intensivering van deze businessmodellen zouden op bedrijfsniveau en op macroniveau kunnen leiden tot een verlaagde kwetsbaarheid voor leveringsonderbrekingen. De inzet van sensoriek in een breed scala aan producten zorgt in toenemende mate voor hoogwaardige dienstverlening, in de vorm van bijvoorbeeld 'preventive maintenance'. Verkenningen bij bedrijven uit de maakindustrie gevestigd in Gelderland en Noord-Brabant hebben dit beeld bevestigd¹².

Waardebehoud is ook een belangrijk gevolg van de introductie van businessmodellen waarbij de producten in eigendom van de producent (of een tussenpartij) worden gehouden (in figuur 2: result oriented PSS), zoals bij professionele lease of pooling-systemen, of bij het in de markt zetten van pay-per-use concepten. In elk van deze gevallen blijven de assets op de balans van de producent of tussenhandel en kan dus 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. 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 kennen¹³. Ondanks deze obstakels laten de eerder genoemde verkenningen in de Gelderse en Brabantse maakindustrie zien dat verschillende vormen van product-as-a-service geïntroduceerd worden. Ook hier helpt de introductie van internet-of-things en op afstand uitleesbare sensoriek en big-data-management om een beter asset management uit te kunnen voeren.

¹² Ton Bastein, Slim èn circulair : hoe de smart industry circulaire economie in de praktijk brengt, 2018 (Gelderland) en 2019 (Noord-Brabant)

¹³ Zie het rapport Money Makes the World Go Round, Working Group Finance, Sustainable Finance Lab, (draft) december 2015

Gegeven het belang van waardebehoud door circulaire strategieën, aan welke producten moeten we dan denken?

We hebben vastgesteld dat de strategieën die bijdragen aan een meer circulaire economie kunnen bijdragen aan een grotere leveringszekerheid en een lagere milieu-impact. Die verschillende strategieën zijn uitgebreid behandeld in de rapporten van de Ellen MacArthur Foundation of recenter nog in de studie van Accenture¹⁴.

Om te begrijpen wat de circulaire economie voor individuele producten, bedrijven of -op macro-niveau- voor de leveringszekerheid van de Nederlandse economie kan betekenen, zijn in het hoofdrapport drie vragen beantwoord:

- Welke productkarakteristieken zorgen ervoor dat (minstens) één van de hiervoor besproken strategieën van toepassing is of zou kunnen zijn ?
- Welke veranderingen (technologisch, prijs- of beleidsmatig van aard) zouden kunnen leiden tot het (nog nadrukkelijker) toepassen van deze strategieën?
- Wat zou de impact kunnen zijn van het toepassen van deze circulaire strategieën?

Indien een productkarakteristiek kan worden vastgesteld voor elke productgroep (in dit geval gerelateerd aan de maakindustrie) kan in principe de impact op productniveau worden vertaald naar macro-niveau. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van databases die in de studie Materialen in de Nederlandse Economie zijn opgebouwd. Deze geven de relatie tussen grondstoffen, gebruik in producten en gebruik van die producten in industriële sectoren.

De Ellen MacArthur Foundation (EMF) publiceerde in 2013 haar eerste rapport omtrent de circulaire economie: *TOWARDS THE CIRCULAR ECONOMY - Economic and business rationale for an accelerated transition*. De EMF stelt daarin dat het hart van de kansen die zij signaleren ligt bij zogenaamde "**Medium-lived complex products**". Het gaat dan om producten die "*are in use for a short enough timeframe that they are subject to frequent technological innovation, but long enough that they are not subject to one-off consumption. Most products in these sectors contain multiple parts and therefore are suitable for disassembly or refurbishment. Finally, this portion of the economy is quite large (...) The eight sectors (...) are as follows: machinery and equipment; office machinery and computers; electrical machinery and apparatus; radio, television, and communication equipment and apparatus; medical, precision and optical instruments, watches and clocks; motor vehicles, trailers, and semi-trailers; other transport equipment; and furniture and other manufactured goods.*"

In het TNO-rapport "Kansen voor de circulaire economie in Nederland" werd voor tal van producten uit de metal-elektro-sectoren ingeschat in hoeverre op dit moment reparatie, onderhoud, refurbishing of recycling plaatsvindt. Uitgangspunt in de aanpak was dat de mate van bestaande circulariteit (en de potentie van meer circulariteit) afhangt van specifieke productkarakteristieken. Ten behoeve van de analyse werden zeventien productgroepen gedefinieerd uit de metalelektro-sector, die op bepaalde eigenschappen overeenkomsten vertonen (de gemiddelde prijs,

¹⁴ Circular Advantage - Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth, Peter Lacy, Justin Keeble, Robert McNamara – Accenture, 2014

verwachte levensduur, aantal schakels in waardeketen, complexiteit, dynamiek – modegevoeligheid of technologische dynamiek- en bestaand gebruik versus eigendom werden meegenomen in deze categorisatie). Vervolgens werd aan de hand van statistische of empirische gegevens een inschatting gemaakt van de verdeling van deze producten langs de zogenaamde feedback-loops reparatie, hergebruik, refurbishment en recycling.

De verdeling per productcategorie over de verschillende feedback loops is vanzelfsprekend sterk wisselend en afhankelijk van de eigenschappen van de productgroep. Zo werd geconstateerd dat lampen vrijwel uitsluitend in de recycling-loop terecht komen, aangezien zij in het algemeen slechts worden aangeboden als ze stuk zijn. Huishoudelijke computers en soortgelijke apparaten vertegenwoordigen in gebruik nog zoveel waarde dat een redelijke hoeveelheid bij gebleken mankementen wordt aangeboden ter reparatie. De kwantitatieve analyse gaf aan dat de jaarlijkse stroom aan producten die wordt gerepareerd en hergebruikt ongeveer 16% is van wat er aan nieuwe producten Nederland binnenkomt. Het aantal producten dat uit deze sector aan recycling wordt aangeboden is ongeveer 81%. Daarmee komt het beeld naar voren komt dat in Nederland –in ieder geval voor de producten uit deze sector- een zekere mate van circulariteit gemeengoed is.

Dat de prijs per artikel medebepalend is voor de mate waarin we overwegen over te gaan op tweedehands goederen blijkt uit een analyse van het CBS¹⁵ op basis van Marktplaats.nl-statistieken over de jaren 2006-2011. Hieruit blijkt dat 97,4 % van de advertenties een vraagprijs had van minder dan duizend euro, 87,5% een vraagprijs minder dan honderd euro en de helft van de advertenties een vraagprijs onder de 25 euro. Deze lage mediaan wordt deels veroorzaakt door het enorme aantal boeken en hobby-artikelen die voor aanzienlijk minder dan 20 euro werden aangeboden. Voor enkele artikelen die relevant zijn voor deze studie worden de statistieken over deze periode gegeven in tabel 2.

Tabel 10. Hoe prijs ("op website "Marktplaats") bepaalt welke productgroepen geschikt worden geacht voor hergebruik c.q. langere levensduur

productcategorie	# advertenties	gemiddelde vraagprijs	mediaan vraagprijs
audio, TV	1988	144	50
auto div.	1068	314	70
auto-onderdelen	2771	196	89
auto's	1842	7257	4930
computers, software	1721	134	50
fietsen, brommers	2741	202	95
motoren	747	1382	100
muziek	1942	352	192
spelcomputers, games	1945	42	15
telecom	1404	133	80
watersport	568	1431	75
witgoed	1135	180	90

¹⁵ Marktplaats en statistiek - Andries Kuipers, Remco Mocking, Rik Schürmann – CBS - 2013

De prijs van het uiteindelijk aangeboden product zegt natuurlijk niets over de prijs van het oorspronkelijke, nieuwe artikel (naast het feit dat op Marktplaats.nl ook veel nieuwe producten worden aangeboden), maar gemakshalve kunnen we wel constateren dat goederen van prijsklassen vanaf 10 euro worden aangeboden en verhandeld via Marktplaats.nl.

Het delen van producten wordt aantrekkelijk voor producten vanaf 100 euro (en natuurlijk als de producten zich ervoor lenen: lage gebruiksfrequentie en gebruik voor van tevoren in te plannen activiteiten). Een bedrijf als Bo-Rent verhuurt tal van spullen en kan als zodanig als een commercieel deelplatform worden beschouwd. Goederen in de laagste huurprijscategorie (vanaf 10 euro/dag), zoals tapijtreinigers, grindtegelreinigers, 3kg boorhamers en vlakzuigpompen hebben alle een consumenten-nieuw prijs van minimaal 100 euro.

De mate waarin er nog economische waarde gehecht kan worden aan technisch snel veranderende producten hangt natuurlijk af van de waarde die dat product nog vertegenwoordigt ten tijde van een noodzakelijk onderhoud, een reparatie of tweedehands verkoop. Als voorbeeld nemen we de case van smartphones. Smartphones zijn technisch tamelijk snel verouderende apparaten die als gevolg van hun hoge aanschafwaarde in toenemende mate worden gerepareerd en tweedehands verkocht (via officiële re-sellers of telefoonmaatschappijen). Analoog aan de redenering omtrent de drempelwaarde voor reparatie of onderhoud, zou gesteld kunnen worden dat, indien de ervaren waarde (waarde minus afschrijving) hoger is dan 100 euro/artikel onderhoud wordt overwogen. Dat deze businessmodellen werken is te zien aan de toename van het aantal bedrijven dat zich toelegt op de reparatie van laptops en smartphones. Alleen al in een stad als Leiden waren er in 2016 8 bedrijven gevestigd die zich toeleggen op de reparatie van snel veranderende producten als laptops en smartphones.

Bijlage 2 48 productgroepen in detail behandeld met experts

HS/CN 6-digit	Label 1 Nederlands	gewicht	eenheid	prijs (eur/eenheid)	prijs (eur/eenheid)	levensduur	gewicht	Technische dynamiek	hoeveel procent van de tijd in gebruik	data beschikbaar	gereed maken nieuw gebruik	modulariteit	fossiel (ja/nee)	waarde recycklaat
845 630	gereedschapswerktuigen voor het bewerken van ongeacht welke stof, waarbij materiaal wordt weggenomen, met behulp van draadvonkerosie, met numerieke besturing, gereedschapswerktuigen voor het bewerken van ongeacht welke stof waarbij materiaal wordt weggenomen, met behulp van elektro-erosie "vonkerosie", met numerieke besturing (m.u.v. die voor het bewerken van stoffen met behulp van draadvonkerosie), gereedschapswerktuigen voor het bewerken van ongeacht welke stof waarbij materiaal wordt weggenomen, met behulp van elektro-erosie "vonkerosie", zonder numerieke besturing	1.2	stuks	26356.63	5	2	2	2	2	1	1	1	0	7%
845 690	Ander machines voor het bewerken van ongeacht welke stof waarbij materiaal wordt weggenomen, met behulp van elektrochemische procédés of van elektronen- of ionenstralen (m.u.v. soldeer- en lasmachines, machines voor onderzoek van materialen en machines voor de vervaardiging van halfgeleidermateriaal of van elektronisch geïntegreerde schakelingen)	0.3	stuks	1169.56	5	2	1	2	2	1	1	1	0	7%
845 690	Ander machines voor het bewerken van ongeacht welke stof waarbij materiaal wordt weggenomen, met behulp van elektrochemische procédés of van elektronen- of ionenstralen (m.u.v. soldeer- en lasmachines, machines voor onderzoek van materialen en machines voor de vervaardiging van halfgeleidermateriaal of van elektronisch geïntegreerde schakelingen)	0.3	stuks	1169.56	5	4	1	2	2	1	1	1	0	7%
847 130	draagbare automatische gegevensverwerkende machines, wegende <= 10 kg, die ten minste bestaan uit een centrale verwerkingseenheid, een toetsenbord en een beeldscherm (m.u.v. randeenheden)	91.3	stuks	321.51	4	2	3	3	3	1	0	1	0	10%

847 170	Geheugens van centrale eenheden voor digitale automatische gegevensverwerkende machines, Optische en magneto-optische schijfengeheugeneenheden voor digitale automatische gegevensverwerkende machines "b.v. CD-ROM-lezers" (m.u.v. geheugens van centrale eenheden), Eenheden voor harde schijven van digitale automatische gegevensverwerkende machines, niet-optisch of magneto-optische, (m.u.v. geheugens van centrale eenheden), Schijfengeheugeneenheden voor digitale automatische gegevensverwerkende machines (niet optisch of magneto-optisch en m.u.v. eenheden voor harde schijven en geheugens van centrale eenheden), Bandgeheugeneenheden voor digitale automatische gegevensverwerkende machines (m.u.v. geheugens van centrale eenheden), Geheugeneenheden voor digitale automatische gegevensverwerkende machines (m.u.v. geheugens van centrale eenheden en schijven- en bandgeheugeneenheden)	88.0	stuk	215.38	4	2	3	3	3	1	0	1	0	9%
847 180	Eenheden voor automatische gegevensverwerkende machines (m.u.v. verwerkingseenheden, invoereenheden, uitvoereenheden en geheugeneenheden)	110.0	stuk	115.90	4	2	4	3	3	1	0	1	0	5%
850 110	synchroommotoren met een vermogen van <= 18 W, universele motoren met een vermogen van <= 37,5 W, wisselstroommotoren met een vermogen van <= 37,5 W (m.u.v. synchroommotoren met een vermogen van <= 18 W), gelijkstroommotoren met een vermogen van <= 37,5 W	35.7	stuk	26.98	3	2	3	3	1	0	1	0	0	7%
850 120	Universele motoren met een vermogen van > 37,5 W	5.7	stuk	108.18	4	3	2	3	1	1	1	1	0	5%
850 131	Gelijkstroommotoren met een vermogen van > 37,5, doch <= 750 W en gelijkstroomgeneratoren met een vermogen van <= 750 W	31.3	stuk	19.43	3	3	3	3	1	1	1	1	0	7%

850 132	Gelijkstroommotoren en -generatoren met een vermogen van > 750 W, doch <= 75 kW	1.4	stuk	127.05	4	3	2	3	1	1	1	1	0	4%
850 133	Gelijkstroommotoren en -generatoren, met een vermogen van > 75 doch <= 375 kW	0.2	stuk	2920.33	5	3	1	3	1	1	1	1	0	8%
850 134	Gelijkstroommotoren en -generatoren met een vermogen van > 375 kW	0.0	stuk	868.75	4	3	1	3	1	1	1	1	0	5%
850 140	Eenfasewisselstroommotoren met een vermogen van > 37,5 doch <= 750 W, Eenfasewisselstroommotoren met een vermogen van > 750 W	12.0	stuk	43.60	3	3	3	3	1	1	1	1	0	7%
850 151	Meerfasenwisselstroommotoren, met een vermogen van > 37,5 doch <= 750 W	4.7	stuk	301.40	4	4	2	3	1	1	1	1	0	6%
850 152	Meerfasenwisselstroommotoren, met een vermogen van > 750 W doch <= 7,5 kW, Meerfasenwisselstroommotoren, met een vermogen van > 7,5 doch <= 37 kW, Meerfasenwisselstroommotoren, met een vermogen van > 37 doch <= 75 kW	6.1	stuk	360.92	4	3	2	3	1	1	1	1	0	7%
850 153	meerfasenwisselstroom-tractiemotoren, met een vermogen van > 75 kW, Meerfasenwisselstroommotoren met een vermogen van > 75 doch <= 375 kW (m.u.v. tractiemotoren), meerfasenwisselstroommotoren met een vermogen van > 375 doch <= 750 kW (m.u.v. tractiemotoren), meerfasenwisselstroommotoren, met een vermogen van > 750 kW (m.u.v. tractiemotoren)	0.4	stuk	26632.70	5	3	1	3	1	1	1	1	0	7%

850 161	Wisselstroomgeneratoren met een vermogen van <= 7,5 kVA,Wisselstroomgeneratoren met een vermogen van > 7,5 doch <= 75 kVA	1.3	stuks	735.14	4	3	2	3	2	1	1	1	0	7%
850 162	Wisselstroomgeneratoren met een vermogen van > 75 doch <= 375 kVA	0.1	stuks	990.85	4	3	1	3	2	1	1	1	0	7%
850 163	Wisselstroomgeneratoren met een vermogen van > 375 doch <= 750 kVA	0.0	stuks	4704.63	5	3	1	3	2	1	1	1	0	6%
850 164	wisselstroomgeneratoren met een vermogen van > 750 kVA	0.1	stuks	5896.19	5	4	1	3	2	1	1	1	0	8%
850 240	Roterende omvormers	0.1	stuks	30.45	3	4	1	3	1	1	1	0	0	15 %
850 300	niet-magnetische ringen voor elektromotoren of elektrische generatoren,delen waarvan kan worden onderkend dat zij uitsluitend of hoofdzakelijk bestemd zijn voor elektromotoren, elektrische generatoren, elektrische generatoraggregaten of roterende omvormers, n.e.g., van gietijzer of van gegoten staal,delen waarvan kan worden onderkend dat zij uitsluitend of hoofdzakelijk bestemd zijn voor elektromotoren, elektrische generatoren, elektrische generatoraggregaten of roterende omvormers, n.e.g. (m.u.v. die van gietijzer of van gegoten staal en m.u.v. niet-magnetische ringen)	1.0	kg	35.59	3	4	2	3	1	0	1	0	0	15 %
850 650	lithiumelementen en -batterijen in de vorm van cilindervormige elementen (niet gebruikt),lithiumelementen en -batterijen in de vorm van knoopelementen (niet gebruikt),lithiumoxide-elementen en -batterijen (niet gebruikt en m.u.v. die in de vorm van cilindervormige of knoopelementen)	483. 0	stuks	1.23	2	3	4	3	2	0	1	0	0	7%

850 710	Niet gebruikte loodaccumulatoren van de soort gebruikt voor het starten van zuigermotoren, werkend met vloeibare elektrolyt, Niet gebruikte loodaccumulatoren van de soort gebruikt voor het starten van zuigermotoren, werkend met niet-vloeibare elektrolyt	43.1	stuk	28.82	3	2	3	3	2	0	1	0	0	8%
850 720	Niet gebruikte loodaccumulatoren werkend met vloeibare elektrolyt (m.u.v. die van de soort gebruikt voor het starten van zuigermotoren), Niet gebruikte loodaccumulatoren werkend met niet-vloeibare elektrolyt (m.u.v. die van de soort gebruikt voor het starten van zuigermotoren)	62.7	aantal cellen	32.28	3	2	3	3	2	0	1	0	0	8%
851 410	elektrische bakkersovens, zijnde weerstandovens "met indirecte verwarming", weerstandovens "met indirecte verwarming", voor industrieel gebruik of voor laboratoriumgebruik (m.u.v. die voor de vervaardiging van elementen of schakelingen van halfgeleidermateriaal op schijven "wafers" van halfgeleidermateriaal en m.u.v. droogovens en bakkersovens)	47.5	stuk	1243.68	5	4	3	2	2	1	0	1	0	7%
851 420	ovens met inductieve verwarming, ovens met diëlektrische verwarming (m.u.v. die voor de vervaardiging van elementen of schakelingen van halfgeleidermateriaal op schijven "wafers" van halfgeleidermateriaal)	4.5	stuk	2935.35	5	4	2	2	2	1	0	1	0	9%
851 430	Elektrische ovens voor industrieel gebruik of voor laboratoriumgebruik uitsluitend of hoofdzakelijk gebruikt voor de vervaardiging van gedrukte schakelingen en printplaten, Elektrische ovens voor industrieel gebruik of voor laboratoriumgebruik (m.u.v. weerstandovens "met indirecte verwarming", ovens met inductieve of met diëlektrische verwarming, droogovens en ovens gebruikt voor de vervaardiging van gedrukte schakelingen)	20.9	stuk	957.03	4	4	3	2	2	1	0	1	0	5%
851 610	elektrische geisers, Elektrische heetwatertoestellen en elektrische dompelaars (m.u.v. geisers)	35 608. 6	stuk	39.76	3	2	5	2	2	0	0	0	0	11 %
851 621	accumulatieradiatoren voor de verwarming van woonruimten	232. 4	stuk	66.50	3	3	4	2	2	1	1	1	0	9%

851 629	elektrische radiatoren met vloeistofcirculatie, voor verwarming van woonruimten, voor bodemverwarming of voor dergelijk gebruik, elektrische convectieradiatoren, voor verwarming van woonruimten, voor bodemverwarming of voor dergelijk gebruik, elektrische toestellen voor verwarming van woonruimten, voor bodemverwarming of voor dergelijk gebruik, met ingebouwde ventilator (m.u.v. accumulatie-radiatoren), elektrische toestellen voor verwarming van woonruimten, voor bodemverwarming of voor dergelijk gebruik, zonder ingebouwde ventilator (m.u.v. accumulatie-radiatoren)	19 738. 5	stuks	19.24	3	3	5	2	2	1	1	1	0	11 %
851 711	lijntelefoon toestellen met draagbare draadloze hoorn	18 925. 4	stuks	27.19	3	2	5	3	1	1	1	1	0	7%
851 712	Telefoon toestellen voor cellulaire netwerken of voor andere draadloze netwerken	185 085. 4	stuks	157.74	4	2	5	3	1	1	1	1	0	4%
851 718	Telefoon toestellen (m.u.v. die met draagbare draadloze hoorn en die voor cellulaire netwerken of voor andere draadloze netwerken)	1.0	kg	68.94	3	2	2	3	1	1	0	1	0	4%
851 721	Telefoon toestellen (m.u.v. die met draagbare draadloze hoorn en die voor cellulaire netwerken of voor andere draadloze netwerken)	1.0	kg	68.94	3	3	2	3	1	1	0	1	0	4%
854 110	dioden (m.u.v. fotodioden en luminescentiedioden "LED")	1.0	kg	83.54	3	4	2	3	1	1	1	0	0	8%
854 140	luminescentiedioden, incl. laser dioden, lichtgevoelige halfgeleider elementen, incl. fotovoltaïsche cellen	1.0	kg	59.24	3	4	2	3	1	1	1	0	0	8%
854 150	halfgeleider elementen, n.e.g.	1.0	kg	17.05	3	4	2	3	1	1	1	0	0	9%
854 320	elektrische signaalgeneratoren	1.0	kg	286.17	4	2	2	2	1	0	1	0	0	7%
854 330	Galvaniseer- en elektrolyse-machines van de soort die uitsluitend of hoofdzakelijk wordt gebruikt voor de vervaardiging van gedrukte schakelingen, Machines en toestellen voor de galvanotechniek, voor elektrolyse of elektroforese (m.u.v. galvaniseer- en elektrolyse-machines van de soort die uitsluitend of hoofdzakelijk wordt gebruikt voor de vervaardiging van gedrukte schakelingen)	1.0	kg	34.15	3	4	2	2	1	1	0	1	0	5%

854 470	optischevezelkabels bestaande uit individueel omhulde vezels, ook indien elektrische geleiders bevattend of voorzien van verbindingstukken	1.0	kg	32.92	3	4	2	2	1	0	0	0	0	3%
854 810	gebruikte elektrische elementen en gebruikte elektrische batterijen, elektrische loodaccumulatoren, gebruikt, elektrische accumulatoren, gebruikt (m.u.v. loodaccumulatoren), resten en afval, van elektrische elementen, van elektrische batterijen en van elektrische accumulatoren, lood bevattend, resten en afval, van elektrische elementen, van elektrische batterijen en van elektrische accumulatoren (m.u.v. lood bevattende resten en afval)	12.4	stuk s	20.78	3	3	3	2	2	0	0	1	0	8%
871 200	tweewielige rijwielen, zonder motor, met kogellagers, rijwielen, incl. bakfietsen, zonder motor (m.u.v. tweewielige rijwielen met kogellagers)	22 440. 6	stuk s	229.92	4	3	5	3	3	1	1	1	0	12 %
901 811	elektrocardiografen	1.0	kg	144.81	4	4	2	2	2	1	1	1	0	7%
901 812	ultrasone diagnose-apparaten "zgn. scanners"	1.0	kg	236.18	4	4	2	2	1	1	1	1	0	8%
901 813	magnetische resonantie-apparaten	1.0	kg	87.15	3	4	2	2	1	1	1	1	0	8%
901 814	scintigrafische apparaten	1.0	kg	121.34	4	4	2	2	1	1	0	1	0	9%
901 819	apparaten en toestellen voor elektrodiagnose, voor de gelijktijdige bewaking en analyse van twee of meer fysiologische parameters, apparaten en toestellen voor elektrodiagnose, incl. die voor functioneel onderzoek of voor het onderzoek van fysiologische parameters (m.u.v. elektrocardiografen; ultrasone diagnose-apparaten "zgn. scanners"; magnetische resonantie-apparaten; scintigrafische apparaten; apparaten en toestellen voor de gelijktijdige bewaking en analyse van twee of meer fysiologische parameters)	1.0	kg	108.25	4	4	2	2	1	1	0	1	0	8%