



Planbureau voor de Leefomgeving

# CIRCULAIRE ECONOMIE: INNOVATIE METEN IN DE KETEN

## **Beleidsstudie**

**José Potting, Marko Hekkert, Ernst Worrell  
en Aldert Hanemaaijer**

**23 juni 2016**

PBL

## Colofon

### Circulaire economie: Innovatie meten in de keten

© PBL Planbureau voor de Leefomgeving  
Den Haag, 2016  
PBL-publicatienummer: 2249

## Contact

José Potting ([jose.potting@pbl.nl](mailto:jose.potting@pbl.nl))

## Auteurs

José Potting<sup>1</sup>, Marko Hekkert<sup>2</sup>, Ernst Worrell<sup>2</sup> en Aldert Hanemaaijer<sup>1</sup>

<sup>1</sup> PBL (Planbureau voor de Leefomgeving)

<sup>2</sup> Copernicus Instituut voor Duurzame Ontwikkeling, Universiteit Utrecht (UU)



**Universiteit Utrecht**

## Met dank aan

- Marc Pruijn en Tjeerd Meester (ministerie van Infrastructuur en Milieu)
- Mattheüs van de Pol (ministerie van Economische Zaken)
- Mandy Willems (Rijkswaterstaat)
- Jurgen Ganzevles, Frank Dietz, Ton Manders, Trudy Rood, Alexander van der Vooren (PBL)
- Dorith Vermunt, Deborah Kuppens en Hümeýra Izol (UU)

## Redactie figuren

Beeldredactie PBL

## Eindredactie en productie

Uitgeverij PBL

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Potting, J., M. Hekkert, E. Worrell & A. Hanemaaijer (2016): Circulaire economie: Innovatie meten in de keten, Den Haag: PBL.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is voor alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk gefundeerd.

# Inhoud

BEVINDINGEN	4
VERDIEPING	9
<b>1 Inleiding</b>	<b>9</b>
1.1 Deze studie	11
1.2 Aanpak	11
1.3 Leeswijzer	13
<b>2 Denkkader</b>	<b>14</b>
2.1 CE-transitiedoelen	14
2.2 CE-transitie en innovatie	15
2.3 Meten voortgang CE-transities	19
<b>3 Toepassing</b>	<b>22</b>
3.1 Plastic verpakkingen	22
3.1.1 Bestaande situatie	22
3.1.2 Circulariteitsstrategieën voor plastic flessen	23
3.1.3 Circulariteitsstrategieën voor overig plastic verpakkingsafval	24
3.2 Elektrische apparaten	24
3.2.1 Bestaande situatie	24
3.2.2 Circulariteitsstrategieën voor wasmachines en drogers	26
3.2.3 Circulariteitsstrategieën voor koelkasten en vriezers	27
3.3 CE-Green Deals	27
3.4 CE-Best Practices	30
<b>4 Discussie</b>	<b>33</b>
4.1 CE-transities en innovatie	33
4.2 CE-indicatoren	33
4.3 CE-voortgang in Nederland en internationaal	34
4.4 Draagvlak voor CE-indicatoren	36
<b>5 Conclusies</b>	<b>37</b>
<b>Literatuur</b>	<b>38</b>

# BEVINDINGEN

Op verzoek van het ministerie van IenM heeft het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) samen met de Universiteit Utrecht (UU) verkend hoe de voortgang van een transitie naar een circulaire economie (hierna CE-transitie) in productketens kan worden gemeten. In deze studie focussen we op het identificeren van wát er moet worden gemeten, meer dan op de vraag hóe er moet worden gemeten. We ontwikkelen daartoe een denkkader voor CE-transities in productketens, en we passen dit toe op een aantal cases. Onderdeel van het denkkader is de rol van innovatie voor CE-transities. Hiermee kan in een volgende stap worden vastgesteld welk type informatie nodig is voor het meten van de voortgang van CE-transities in productketens.

Het kabinet-Rutte II streeft naar een circulaire economie. Het ministerie van IenM omschrijft een circulaire economie als een economisch systeem dat de herbruikbaarheid van producten en materialen en het behoud van natuurlijke hulpbronnen als uitgangspunt neemt én waardencreatie in iedere schakel van het systeem nastreeft. De rijksoverheid wil een CE-transitie bevorderen door het beter sluiten van product- en materiaalketens.

Deze studie richt zich op productketens. Een productketen beschrijft een product van winning van natuurlijke grondstoffen (hierna grondstoffen) tot en met verwerking van het afgedankte product. Recycling van de materialen uit een afgedankt product kost meestal veel energie, en door vervuiling en vermenging (kwaliteitsverlies) kunnen de gerecyclede (secundaire) materialen vaak niet opnieuw voor hetzelfde product worden gebruikt. Regelmatig worden ze wel voor andere producten met lagere kwaliteitseisen gebruikt. Een materiaalketen kan dus langer dan één productketen zijn.

Binnen een circulaire economie behouden de materialen in een afgedankt product idealiter hun oorspronkelijke kwaliteit om zo opnieuw in hetzelfde (soort) product te kunnen worden gebruikt. Natuurlijke grondstoffen voor de productie van materialen zijn dan niet langer nodig, en afdanking van een product leidt ook niet meer tot afval. In de praktijk zal zulke 'ultieme circulariteit', waarin een productketen gesloten is omdat materialen eindelijk opnieuw kunnen worden gebruikt (zie figuur 1), waarschijnlijk niet haalbaar zijn. Het is wel het ideaal waar de CE-transitie naar streeft.

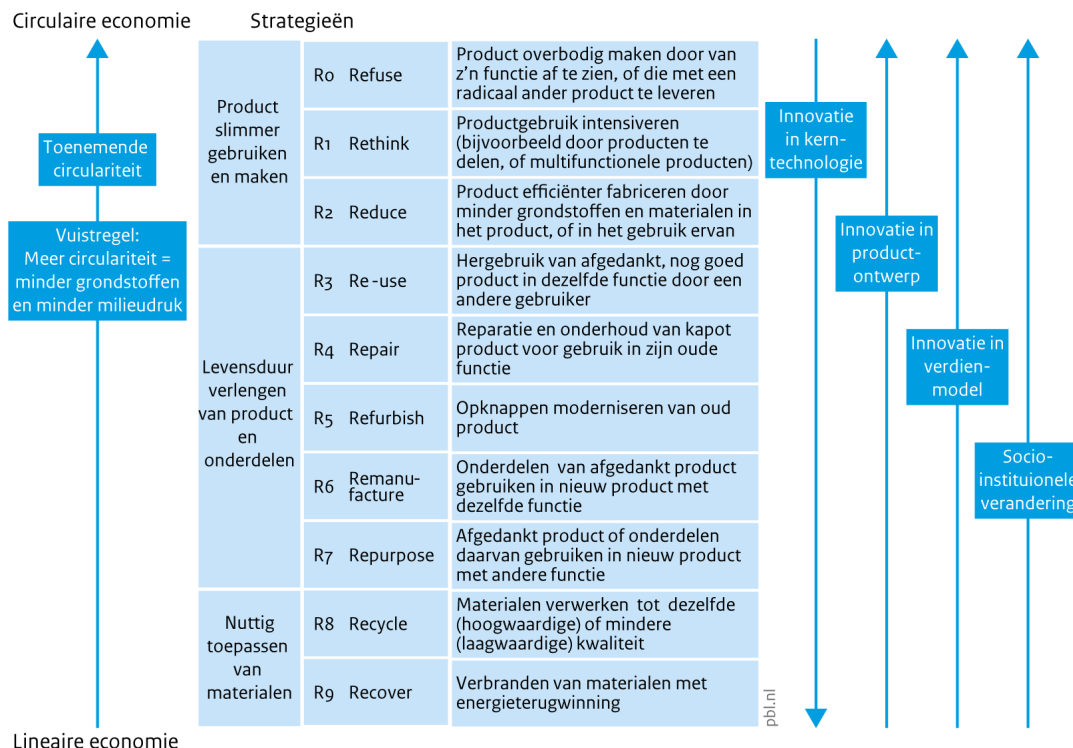
## Meer circulariteit is beter voor het milieu

Er zijn verschillende circulariteitsstrategieën om grondstoffen- en materiaalgebruik en afvalproductie te voorkomen. Er is ook een prioriteitsvolgorde van hoge naar lage circulariteit aan te brengen in deze circulariteitsstrategieën (zie figuur 1). Producten slimmer fabriceren en gebruiken, bijvoorbeeld door het delen van producten, heeft over het algemeen de voorkeur boven levensduurverlenging van producten omdat daarmee minder product nodig is voor dezelfde productfunctie of meer gebruikers met één product kunnen worden bediend (strategie met hoge circulariteit). Na levensduurverlenging volgt het nuttig toepassen van materialen door recycling. Verbranding met energierugwinning heeft in een circulaire economie de laagste prioriteit omdat na verbranding een materiaal niet langer voor nieuw gebruik beschikbaar is (strategie met lage circulariteit). Meer circulariteit betekent als vuistregel meer milieuwinst.

Meer circulariteit van materialen in een productketen betekent dat materialen langer in een productketen blijven, en na afdanking van het product opnieuw toegepast kunnen worden, in het ideale geval in hun oorspronkelijke kwaliteit. Hierdoor zijn er in beginsel minder grondstoffen nodig voor de productie van nieuwe materialen die op hun beurt weer nodig zijn voor het fabriceren en gebruiken van producten. Vermijden productie van materialen betekent winst voor het milieu. Er zijn uiteraard uitzonderingen mogelijk op deze vuistregel. Het circulaire maken van een productketen kan leiden tot meer gebruik van grondstoffen, meestal in

de vorm van (fossiele) energiedragers. Zo kost recycling van sterk vervuild plastic op basis van chemische recycling meestal relatief veel energie. Plastic wordt bij chemische recycling namelijk tot de bouwstenen afgebroken en vervolgens weer opnieuw opgebouwd (back-to-monomer recycling). Het intensiveren van productgebruik, door het toegankelijker maken van het gebruik van een product, kan ook onbedoeld leiden tot een toename in productgebruik. Zo kan autodelen voor niet-autobezitters aanleiding zijn om een auto te gaan gebruiken. Het kan dus geen kwaad voor zulke afgeleide gevolgen te checken, maar als vuistregel leidt meer circulariteit in een productketen tot minder gebruik van grondstoffen en materialen en daardoor minder milieudruk in die productketen alsook in andere productketens.

**Figuur 1**  
**Prioriteitsvolgorde van circulariteitsstrategieën en rol van innovatie in productketen**



Bron: RLI 2015; bewerking PBL

## Drie typen CE-transities in productketens

Bij CE-transities kunnen innovatie en socio-institutionele verandering een rol spelen. Innovatie kan betrekking hebben op technologie, productontwerp en verdienmodel. Bij socio-institutionele verandering gaat het om geschreven en ongeschreven regels, gewoonten en opvattingen. Voor wat betreft het gebruik van technologie in productketens kunnen drie typen CE-transities worden onderscheiden:

1. CE-transities waarin de opkomst van specifieke radicaal nieuwe technologie centraal staat en die de transitie vormgeeft (radicale innovatie in kerntechnologie). Socio-institutionele verandering is nodig om de nieuwe technologie een plek te geven in de samenleving. Een typisch voorbeeld is de recent opgekomen biobased plastics die inmiddels hun plek verworven hebben.
2. CE-transities waarin socio-institutionele verandering centraal staat, en waarbij technologische innovatie een ondergeschikte rol speelt (incrementele innovatie in kerntechnologie, ofwel de specifieke technologie waar het product om draait). Een wellicht extreem voorbeeld is de invoering van verpakkingsvrije winkels.

3. CE-transities waarin socio-institutionele verandering centraal staat, die mogelijk gemaakt wordt door hulptechnologie ('enabling technology'). Een voorbeeld is de omschakeling naar de zogenaamde deeleconomie ('sharing economy'). Deze overgang van eigendom van producten naar gebruik van de diensten ervan is vooral een socio-institutionele verandering, maar deze is niet mogelijk zonder informatietechnologie voor het koppelen van aanbieders en gebruiker.

Het grote verschil tussen CE-transitie van het type 3 en die van type 1 en 2 is dat de benodigde hulptechnologie generiek is en niet specifiek is ontwikkeld voor deze transitie (zoals in het geval van informatietechnologie en nieuwe materialen). Transities van het type 3 worden dus mogelijk door technologieontwikkeling in andere kennisdomeinen dan die specifiek zijn voor de betreffende productketen.

Voor het monitoren maakt het veel uit welk type CE-transitieproces aan de orde is, en hoe socio-institutionele verandering en innovatie daarin een rol speelt. Naast innovatie in technologie, waarop bovenstaande drie typen CE-transities zijn gebaseerd, onderscheidt deze notitie ook innovatie in productontwerp en in verdienmodel.

### Radicale technologische innovatie niet altijd nodig voor CE-transities

Voor deze notitie is een groot aantal cases geëvalueerd waarin CE-transities in productketens centraal staan. Voor alle cases zijn de circulariteitsstrategieën, de rol van socio-institutionele verandering (verandering in geschreven en ongeschreven regels, gewoonten en opvattingen) en de rol van innovatie van technologie, productontwerp en verdienmodel vastgesteld. Uit de evaluatie van de cases blijkt dat radicale technologische innovatie hoofdzakelijk van belang is bij recyclen. De technologische innovaties bestaan echter in de meeste gevallen uit het aanpassen van een bestaande technologie, incrementele technologisch innovatie, aan de specifieke kwaliteitseisen van de producten. Deze aanpassingen kunnen een behoorlijke inspanning vergen van de betrokken bedrijven. Veelal echter is dit met behulp van bestaande technologische kennis te doen. De situatie is anders in geval van radicaal nieuwe technologie. Radicale technologische innovatie, zowel voor CE-transities als in het algemeen, ontstaat vanuit een fundamenteel nieuwe kennisbasis, en leidt tot een wezenlijk ander product. Voor succesvolle implementatie van radicale technologische innovatie is een omgeving nodig die de innovatie ondersteunt. We noemen dit het opbouwen van een nieuw 'Technologisch Innovatie Systeem'. Incrementele technologische innovaties maakt gebruik van bestaande kennis, en hier zijn de innovatiesystemen al aanwezig. Deze vergen slechts aanpassing. Radicale technologische ontwikkeling is makkelijker te monitoren dan incrementele technologische innovaties. De opbouw van een nieuw innovatiesysteem is immers gemakkelijker te monitoren dan aanpassingen in een bestaand innovatiesysteem.

### Socio-institutionele verandering grootste uitdaging voor CE-transities

Zowel bij de Best Practices en Green Deals voor een CE gaat het bij recycling meestal om gebruikte materialen opnieuw hoogwaardiger toe te passen in een product, of biomassa-afvalstromen om te zetten voor nuttige toepassingen. Recycling van gebruikte materialen en biomassa-afvalstromen leiden over het algemeen niet tot wezenlijke verandering in producten waardoor verandering in geschreven en ongeschreven regels, gewoonte en opvattingen nodig zijn (socio-institutionele belemmeringen). Bij de Best Practices en Green Deals het regelmatig om relatief kleine belemmeringen. Er is dan geen radicale verandering in regulatieve kaders (wetgeving en beleid) nodig. Ook het begrip van hoe de wereld werkt en wat normaal is (cognitieve structuren) verandert niet wezenlijk, net zo min als wat legitiem wordt gevonden (normatieve kaders). Meer radicale socio-institutionele verandering door de hele productketen heen is nodig als wordt ingezet op hogere circulariteitsstrategieën. Het delen van wasmachines en drogers in appartementenbouw bijvoorbeeld vraagt om een andere mindset bij de gebruikers (nu is een eigen wasmachine gangbaar). Als er sprake is van een

servicecontract, vergt het gebruik en onderhoud van zo'n gedeelde wasmachine bovendien ook organisatie van de (vereniging van) eigenaren. Ook de maakindustrie en tussenhandel zullen zich hier bewust op moeten richten. Naarmate een CE-transitie om een hogere circulariteitsstrategie draait, is meer radicale socio-institutionele verandering door de hele productketen nodig. Zulke veranderingen zijn lastig te monitoren.

## Metten in de keten vraagt zicht op proces en effecten van CE-transities

De rol van innovatie en socio-institutionele verandering in CE-transities is gebruikt als opstap om vast te stellen welk type informatie nodig is voor het meten van de voortgang van CE-transities in productketens. Voor het meten van de voortgang is het zinvol onderscheid te maken tussen het CE-transitieproces en de gerealiseerde of te realiseren CE-effecten. Het CE-transitieproces betreft het menselijk handelen dat een CE-transitie tot stand brengt. Bij de CE-effecten gaat het om de gevolgen voor circulariteit, milieu en economie van de CE-transitie. Een duidelijke en hanteerbare methode om de voortgang van het CE-transitieproces en de effecten daarvan te meten, bestaat nog niet. Het zou goed zijn als zo'n meetprotocol voor het CE-transitieproces er komt. Het Europees Milieu Agentschap (EEA) heeft wel vragen geformuleerd met betrekking tot circulariteit (grondstoffen- en materiaalgebruik en afvalverwerking). Daarin richt zij zich op de voortgang van de CE-transitie op nationaal niveau. De focus van dit rapport ligt op de CE-transities in afzonderlijke productketens. De vragen van het EEA zijn daarom aangepast op het meten in afzonderlijke productketens. Ook zijn de vragen uitgebreid voor het CE-transitieproces en de effecten op milieu en economie. Tabel 1 geeft een overzicht van deze vragen voor het monitoren van de voortgang van CE-transities in productketens. Dezelfde vragen zijn relevant voor alle typen van innovatie en socio-institutionele verandering. Wel zullen de antwoorden verschillen bij hogere en lagere circulariteitsstrategieën. Bij hogere circulariteitsstrategieën gaat het vaker om socio-institutionele veranderingen door de hele productketen, alsook innovaties in productontwerp en verdienmodellen. Bij lagere circulariteitsstrategieën staan technologische innovaties meer centraal.

## Circulaire economie gaat verder dan recyclen

Van het Nederlandse afval wordt nu zo'n 93% nuttig toegepast, waarvan 79% wordt gerecycled. Veel recycling is echter kwalitatief laagwaardig, en ons grondstoffengebruik is nog fors. Materiaalrecycling kan kwalitatief hoogwaardiger, en producthergebruik kan omvangrijker. Bijna alle van de in deze studie geëvalueerde praktijkcases, zowel de Green Deals als de Best Practices, beogen meer of hoogwaardiger te gaan recyclen. Wel worden regelmatig, samen met recycling, ook andere circulariteitsstrategieën gevolgd, zoals bruikleen van jeans en moderniseren van gebruikt meubilair. De nadrukkelijke focus op recycling is opmerkelijk. Zolang het om hoogwaardige recycling gaat en het gerecyclede materiaal dus zijn oorspronkelijke kwaliteit behoudt, is er op zich zelf niks aan de hand. Ook het 'upcyclen' van biomassa-afval tot bruikbare producten past in deze recyclingstrategie. Voor een verdergaande CE-transitie, met substantieel minder grondstoffengebruik en afvalproductie, ligt de voorkeur echter bij strategieën met hogere circulariteit, ofwel producten slimmer fabriceren en gebruiken, dan wel de levensduur van product en productonderdelen verlengen. Recyclen zit, vooral als het om laagwaardige recycling gaat, nog vrij dicht tegen een lineaire economie aan.

**Tabel 1 Diagnostische vragen om de voortgang te meten van het CE-transitieproces en van CE-effecten**

<b>Diagnostische vragen</b>	
<b>Middelen</b>	<b>Mobiliseren van middelen</b> - Zijn alle actoren die relevant zijn voor het realiseren van CE-oplossingen, actief betrokken? - Is er voldoende kapitaal beschikbaar voor het realiseren van CE-oplossingen? - Zijn er specifieke fysieke middelen beperkend in het realiseren van CE-oplossingen?
	<b>Kennisontwikkeling</b> - Is er voldoende kennis beschikbaar om CE-oplossingen te ontwikkelen? Over bijvoorbeeld technologie, patenten, consumentgedrag en ketenpartnergedrag?
<b>Activiteiten</b>	<b>Kennisuitwisseling</b> - Wordt er genoeg kennis uitgewisseld over CE-oplossingen in de productketen?
	<b>Experimenteren door ondernemers</b> - Experimenteren de ondernemers voldoende met CE-oplossingen en -verdienmodellen? - Wordt er al opgeschaald met betrekking tot CE-oplossingen?
	<b>Richting geven aan zoekproces</b> (visie, verwachtingen van overheid en kernactoren, regelgeving) - Is er een heldere visie voor de productketen over de circulariteitsstrategie die wordt nagestreefd? - Wordt deze circulariteitsstrategie breed gedeeld? - Structureert deze circulariteitsstrategie de activiteiten van ketenpartners?
	<b>Openen van markten</b> - Zijn de ketenpartners actief in het voorlichten van consumenten over CE-oplossingen? - Wordt er voldoende geïnvesteerd door bedrijven? - Is er flankerend beleid van de overheid dat helpt bij het openen van markten?
	<b>Tegengaan van weerstand</b> - Is er sprake van weerstand tegen CE-oplossingen (zoals in de bestaande productketen, of in de vorm van belemmerende wet- en regelgeving)? - Wordt er voldoende actie ondernomen om weerstand tegen CE-oplossingen tegen te gaan?
	<b>CE-ontwerp</b> - Wat is de huidige levensduur van producten en in welke mate heeft de CE-transitie die verlengd, vergeleken met de oorspronkelijke levensduur? - Zijn producten makkelijker uit elkaar te halen? - Zijn in het ontwerp gerecyclede materialen gebruikt? - Zijn onderdelen ontworpen met oog op hoogwaardige recycling (zonder milieudruk te veroorzaken)?
	<b>Productie</b> - Neemt het totale (primair en secundair) materiaalverbruik door bedrijven af? - Gebruiken bedrijven minder mens- en milieugevaarlijke stoffen? - Gaat de productie gepaard met minder afval? - Verschuiven bedrijven naar CE-verdienmodellen zoals product(component)en hergebruiken, service-based producten?
	<b>Consumptie</b> - Vindt er een verschuiving naar CE-producten plaats (ten opzichte van conventionele producten)? - Worden de CE-producten langer of intensiever gebruikt vóór afdanking? - Gaat productgebruik gepaard met minder afval?
<b>Prestatie</b>	<b>Afval</b> - Is er een verschuiving van storten en verbranden naar recycling? - In welke mate is er sprake van hoogwaardige recycling? - In welke mate is recycling kosten- en milieueffectief?
	<b>Circulariteit</b> (grondstoffenefficiëntie) - Neemt de primaire materiaalinput in kilogram af per functionele eenheid product? - Neemt de primaire materiaalinput in kilogram af voor de hele sector?
<b>Effecten</b>	<b>Milieu</b> Voor alle productgroepen: - Neemt het cumulatieve energieverbruik in MJ <sub>pr</sub> per functionele eenheid product af? - Neemt het cumulatieve energieverbruik in MJ <sub>pr</sub> voor de hele sector af? Milieudruk relevant voor specifieke productgroepen: - Neemt de milieudruk per functionele eenheid product af? - Neemt de cumulatieve milieudruk voor de hele sector af?
	<b>Economie</b> - Neemt de toegevoegde waarde van producten of productservices toe? - Neemt de werkgelegenheid in de productketen toe?

Bron: EEA (2016b); Hekkert et al. (2011); Huijbregts et al. (2006)



## VERDIEPING

# 1 Inleiding

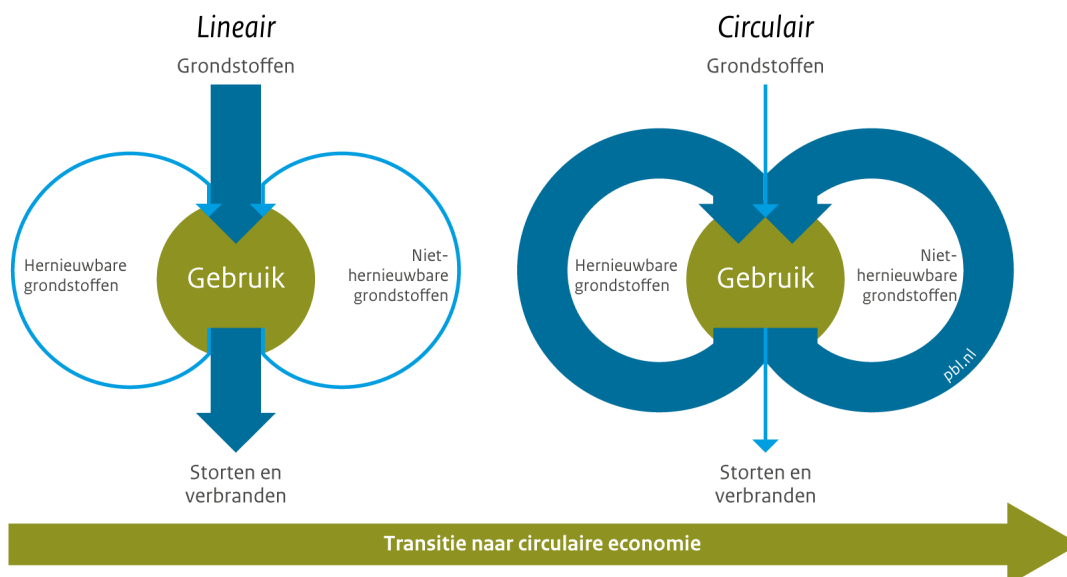
Het kabinet-Rutte II streeft naar een circulaire economie (Regeerakkoord 2012). Het ministerie van Infrastructuur en Milieu omschrijft een dergelijke economie als een economisch systeem dat de herbruikbaarheid van producten en materialen en het behoud van natuurlijke hulpbronnen als uitgangspunt neemt én waardecreatie in iedere schakel van het systeem nastreeft (IenM 2013). Hergebruik van producten en recycling van materialen ontzien natuurlijke hulpbronnen, omdat er minder natuurlijke grondstoffen (hierna grondstoffen) hoeven te worden gewonnen voor de productie van nieuwe materialen. Hierdoor en doordat producten worden hergebruikt, komt er minder afval vrij en komen er minder schadelijke stoffen terecht in bodem, water en lucht. Daarnaast verschuift het gebruik van 'grijze' naar 'groene' grondstoffen en energiebronnen.

In Nederland en ook internationaal wordt het idee van een circulaire economie enthousiast ontvangen (Ganzevles et al. 2016). De circulaire economie wordt gezien als logisch alternatief voor een lineaire economie. In een lineaire economie worden natuurlijke grondstoffen gewonnen om er nieuwe (primaire) materialen en vervolgens producten van te maken die na gebruik als afval worden verbrand of gestort (IenM 2013, 2014, 2015a).

Nederland heeft overigens geen lineaire economie, maar een economisch systeem tussen een lineaire en circulaire economie in (zie figuur 1.1). Van het Nederlandse afval wordt zo'n 93 procent nuttig gebruikt (CBS et al. 2015), waarvan 79 procent gerecycled (IenM 2013, 2014). Materiaalrecycling kan echter kwalitatief hoogwaardiger, en er kunnen meer producten worden hergebruikt. De Rijksoverheid wil een transitie naar een circulaire economie (hierna CE-transitie) bevorderen door het beter sluiten van zogenoemde product- en materiaalketens (IenM 2013, 2014, 2015a).

Figuur 1.1

### Van een lineaire naar een circulaire economie



Bron: PBL 2016

Een 'productketen' omvat alle stappen van grondstoffenwinning tot en met het verwerken van het afgedankte product. Recycling van de materialen in een afgedankt product kan veel energie kosten, en de gerecyclede materialen kunnen door vervuiling en vermenging (kwaliteitsverlies) vaak nog niet opnieuw voor hetzelfde product worden gebruikt. Regelmatig worden ze wel voor andere producten met lagere kwaliteitseisen gebruikt, zoals bouw- en sloopafval voor wegfundering. Een 'materiaalketen' kan dus langer zijn dan een productketen. Binnen een circulaire economie behouden de materialen in een afgedankt product idealiter hun oorspronkelijke kwaliteit, om zo opnieuw in hetzelfde product te kunnen worden gebruikt. Grondstoffen voor de productie van materialen zijn dan niet langer nodig, en af-danking van een product leidt ook niet meer tot afval. In de praktijk is 'ultieme circulariteit', waarin een productketen is gesloten omdat materialen eindelijk opnieuw kunnen worden gebruikt, waarschijnlijk niet haalbaar (zie figuur 1.1).

De transitie naar een circulaire economie zal voor verschillende productketens anders verlopen. Dit hangt deels samen met verschillen in eigenschappen tussen producten wat betreft hun functie, gebruiksduur, en materialen- en onderdelensamenstelling. Deze verschillen in eigenschappen kunnen op hun beurt leiden tot verschillende CE-transitiedoelen. Daaruit voortvloeiende CE-transitieprocessen kunnen sterk verschillen met betrekking tot de rol van innovatie (zoals in technologie, productontwerp en verdienmodel), en van socio-institutionele verandering (zoals in het gedrag van consumenten en ketenactoren, of in wet- en regelgeving). Ter illustratie hiervan twee voorbeelden:

1. Op petflessen groter dan 0,5 liter zit statiegeld. De inzameling en recycling hiervan zijn relatief effectief omdat het een stroom van één materiaal betreft (OVAM 2015). Terugkeren naar de situatie van voor 2006 kan een CE-transitiedoel voor petflessen zijn. Toen werden grote petflessen niet gerecycled tot secundair pet, maar schoongemaakt en opnieuw gevuld (MilieuCentraal 2015). De technologie hiervoor bestaat dus al, maar herintroductie ervan vergt een omslag in het denken bij het bedrijfsleven, en wellicht ook een verandering van het overheidsbeleid. Het bedrijfsleven wil graag af van het huidige statiegeldsysteem, omdat het duur en omslachtig zou zijn (Milieucentraal 2015), maar heeft toegezegd het aandeel gerecycled pet in flessen te zullen opvoeren (Raamovereenkomst Verpakkingen 2013-2022 2012, 2013). De overheid laat nu, binnen randvoorwaarden (Raamovereenkomst Verpakkingen 2013-2022 2013), het initiatief bij het bedrijfsleven.
2. Afgedankte elektrische apparaten worden formeel gerecycled via Wecycle en ICT Milieu. Van alle afgedankte apparaten zamelen zij echter slechts ongeveer 30 procent in, en van die 30 procent wordt 80-90 procent gerecycled (ICT Milieu 2014; Wecycle 2016). Circa 30 procent van alle afgedankte elektrische apparaten verdwijnt op anderszins gedocumenteerde wijze (vooral grote huishoudelijke apparaten die rechtstreeks van huishoudens naar recyclers gaan). Omtrent 10 procent wordt voor hergebruik geëxporteerd. Van zo'n 20 procent is het lot onbekend. Ongeveer 10 procent belandt in het restafval (Huisman et al. 2012).  
Er is dus nog veel te verbeteren in de huidige inzameling van afgedankte elektrische apparaten. Een nieuw verdienmodel voor elektrische apparaten waarmee ze in eigendom blijven van, en na gebruik teruggaan naar de fabrikant, kan een CE-transitiedoel zijn. Dit prikkelt de fabrikant om producten zo te maken dat reparatie, hergebruik van onderdelen en recycling van materialen mogelijk worden. Fabrikant én consument krijgen hiermee een actievere rol bij het inzamelen van afgedankte elektrische apparaten. Zo'n verdienmodel vraagt echter ook om een nieuwe samenwerkingsovereenkomst tussen fabrikant en consument om een goede service voor en zorgvuldig gebruik van elektrische apparaten te waarborgen.

## 1.1 Deze studie

Het ministerie van IenM wil graag weten hoe ver productketens zijn in hun transitie van een lineaire naar een circulaire keten. Hierbij gaat het om de voortgang in zowel het proces om een CE-transitie tot stand te brengen (het CE-transitieproces), als om de effecten van die CE-transitie op het grondstoffen- en materialengebruik, het milieu en de economie. Voor het meten van de effecten van een CE-transitie op circulariteit, milieu en economie zijn veel meetinstrumenten en indicatoren beschikbaar (zie bijvoorbeeld MVO-Nederland 2015, RIVM 2016, CBS et al. 2014 en EEA 2016a). Daarbij is het de uitdaging te komen tot een hanteerbare selectie uit de veelheid aan indicatoren, waarmee de effecten van een CE-transitie afdoende kunnen worden gemeten.

Lastiger is het meten van de voortgang in het CE-transitieproces. Er zijn immers grote verschillen tussen productketens en wat hun CE-transitiedoelen vragen ten aanzien van innovatie, inspanningen of weerstanden bij maatschappelijke actoren, en andere 'socio-institutionele' factoren.

Het ministerie van IenM heeft het PBL gevraagd te onderzoeken hoe de voortgang naar een circulaire economie, het CE-transitieproces en de effecten daarvan, zijn te meten in afzonderlijke productketens. Het PBL heeft deze vraag samen met de Universiteit Utrecht (UU) opgepakt.

In deze studie focussen we op het identificeren van wát er moet worden gemeten (meer dan op de details van hóe er moet worden gemeten). We ontwikkelen daartoe een denkkader voor CE-transities in productketens, en we passen dit toe op een aantal cases. Onderdeel van het denkkader is de rol van innovatie voor CE-transities. Hiermee kan in een volgende stap worden vastgesteld welk type informatie nodig is voor het meten van de voortgang van CE-transities in productketens.

## 1.2 Aanpak

Voor het ontwikkelen van het denkkader is gebruikgemaakt van het evaluatiekader van de Algemene Rekenkamer (2005) (zie figuur 1.2). Nederlandse ministeries zijn sinds 1991 bij wet verplicht hun beleid periodiek te (laten) evalueren op kosten en resultaat. Het beleids-evaluatiekader van de Algemene Rekenkamer is relevant voor *alle* doelbewuste CE-transities. Ook bij een doelbewuste CE-transitie zonder actieve rol van de overheid is er immers sprake van gekozen CE-transitiedoelen en een gericht proces om die CE-transitiedoelen te realiseren.

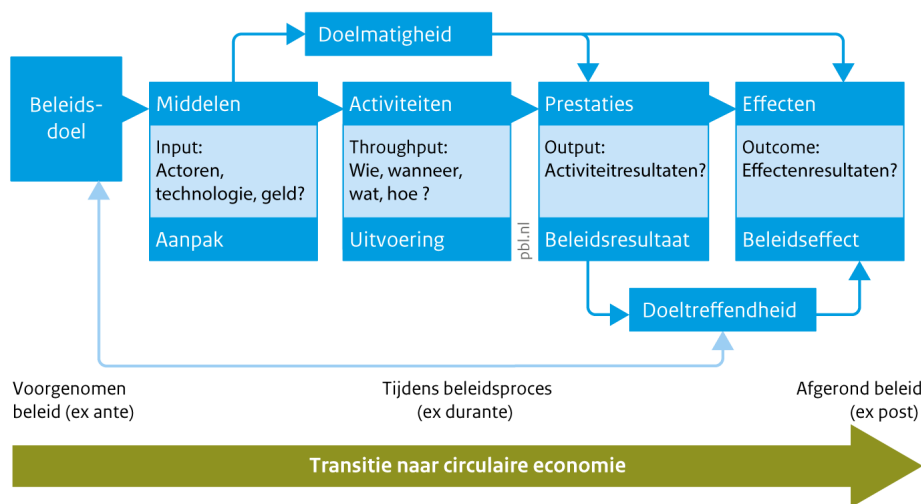
Het beleidsevaluatiekader van de Algemene Rekenkamer (2005) neemt het beleidsproces als uitgangspunt. Elk beleidsproces bestaat uit vier aspecten (middelen, activiteiten, prestaties, en effecten), die ook kunnen worden gezien als fasen in het beleidsproces (input, throughput, output, en outcome). Een beleidsproces start met het vaststellen van het beleidsdoel, hier CE-transitiedoel voor een productketen. Het CE-transitiedoel specificeert de geambieerde 'prestaties' om een CE-transitie te bewerkstelligen (CE-prestatiedoelen), en bij voorkeur ook de gewenste 'effecten' van die CE-transitie op circulariteit, milieu en economie (CE-effectdoelen).

Een centraal CE-prestatiedoel binnen elke CE-transitie betreft de strategie om minder grondstoffen en materialen in een productketen te gebruiken (meer circulariteit te bereiken). Voorbeelden van circulariteitsstrategieën zijn hoogwaardigere materiaalrecycling of meer producthergebruik. Een circulariteitsstrategie kan vragen om medewerking van consumenten en andere ketenactoren, aanpassing van wet-of regelgeving, financieel budget, inzet van een andere technologie, productontwerp of verdienmodel en anderszins. Als deze 'middelen' nog

niet beschikbaar zijn aan het begin van het beleidsproces, dan kunnen hiervoor CE-prestatiedoelen worden gesteld, en bijbehorende 'activiteiten' worden gepland om die CE-prestatiedoelen te bereiken. Middelen, activiteiten en prestaties samen vertegenwoordigen in deze studie het CE-transitieproces. Anders dan in het beleidsevaluatiekader (het beleidsproces), maken we in deze studie onderscheid tussen het menselijk handelen om een CE-transitie tot stand te brengen (het CE-transitieproces) en de gevolgen van de resulterende CE-transitie voor circulariteit, milieu en economie (CE-effecten).

Figuur 1.2

**Beleidsevaluatiekader voor meten van voortgang van transitie naar circulaire economie**



Bron: Algemene Rekenkamer 2005; bewerking PBL

Bij een beleidsevaluatie wordt onderzocht of beoogde beleidsprestaties zijn geleverd en nastreefde beleidseffecten zijn behaald (doeltreffendheidsonderzoek), en ook of de kosten voor het hele beleidsproces niet te hoog zijn (doelmatigheidsonderzoek) (Algemene Rekenkamer 2005). In deze studie ligt de nadruk op het meten van beleidsprestaties en beleidseffecten. Het is met andere woorden een doeltreffendheidsonderzoek, uitgebreid met geplande activiteiten en ingezette middelen (zoals inzet van ketenactoren, innovatie en budget). Middelen, activiteiten en prestaties samen vormen immers het CE-transitieproces. Voor het meten van de voortgang van CE-transities in productketens zijn zowel het transitieproces als de effecten hiervan op circulariteit, milieu en economie van belang.

Een speciale rol in CE-transities is weggelegd voor innovatie. Innovatie wordt vaak met technologie geassocieerd, maar kan bij CE-transities in productketens ook gaan over productontwerp en verdienmodel. Voor doorbraak van alle drie typen innovatie kan socio-institutionele verandering noodzakelijk zijn. In deze studie evalueren we welke rol deze verschillende typen innovatie en socio-institutionele verandering spelen in CE-transities voor productketens. Dit is nodig om vast te stellen welk type informatie nodig is voor het meten van de voortgang van het CE-transities in productketens.

Het denkkader vormt het resultaat van de samenvoeging van de relevante literatuur, de gezamenlijke en complementaire expertise van de auteurs. Het ontwikkelde denkkader is verder aangescherpt in wisselwerking met de toepassing ervan op een groot aantal cases waarin CE-transities in specifieke productketens centraal staan. Parallel aan het denkkader zijn hypothetische circulariteitsstrategieën opgesteld en geëvalueerd voor twee productgroepen, plastic verpakkingen en elektrische apparaten. Daarnaast zijn de circulariteitsstrategieën vastgesteld en geëvalueerd voor twee groepen praktijkcases, 36 CE-Green Deals (CE-GDs) en 32 CE-Best Practices (CE-BPs) met CE-transities in uiteenlopende productketens. Deze case-evaluaties laten zien of verschillende circulariteitsstrategieën voor uiteenlopende

productketens leiden tot verschillen voor wat betreft de benodigde innovatie en socio-institutionele verandering voor CE-transities.

Het denkkader en de toepassingen ervan zijn voorgelegd aan CE-beleidsmedewerkers van de Rijksoverheid (zie het colofon), en op basis van hun feedback verder aangescherpt.

### 1.3 Leeswijzer

Het ontwikkelde denkkader is beschreven in hoofdstuk 2. In hoofdstuk 3 passen we dat kader toe op de verschillende cases. In hoofdstuk 4 bespreken we de resultaten uit hoofdstukken 2 en 3, en we reflecteren ook op de relevantie ervan voor de voortgang richting een circulaire economie van Nederland en andere landen, en in relatie tot de internationale beleidscontext. In hoofdstuk 5 ten slotte staan de conclusies.

# 2 Denkkader

Zowel het nationale beleidsprogramma *Van Afval Naar Grondstof* (IenM 2013) als *Een EU-actieplan voor een circulaire economie* van de Europese Commissie (EC 2015) geeft het belang aan van het meten van de voortgang richting een circulaire economie. Er bestaat hiervoor nog geen breed geaccepteerde manier (EEA 2016b). De Europese Commissie kondigt in haar CE-actieplan een kader aan om deze voortgang te meten (EC 2015). Dit kader zal de Europese Commissie samen met het Europees milieuagentschap (EEA), het Europese bureau voor statistiek (Eurostat) en in overleg met de lidstaten ontwikkelen. In Nederland speelt de vraag naar het meten van de voortgang ook in het kader van het aangekondigde rijksbreed CE-programma, en het CE-advies van de Sociaal-Economische Raad (SER).

## 2.1 CE-transitiedoelen

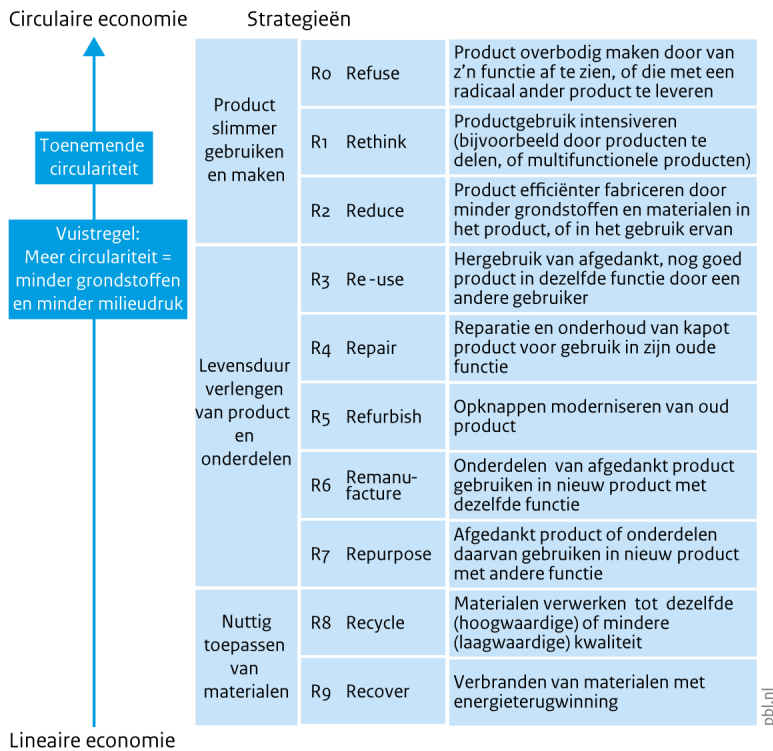
De Nederlandse overheid werkt aan een rijksbreed CE-programma dat medio 2016 wordt verwacht. Op dit moment coördineert het ministerie van IenM nog de CE-activiteiten van de overheid vanuit zijn beleidsprogramma *Van Afval Naar Grondstoffen* (VANG). Het ministerie wil daarmee een aantal CE-hoofdoelen bereiken (IenM 2013; 2014; 2015):

- minder grondstoffen, duurzaam brongebruik, en voorzieningszekerheid;
- minder afval, minder emissies, meer natuurlijk kapitaal;
- meer verdienvermogen, meer werkgelegenheid.

Meer circulariteit van grondstoffen en materialen in een productketen betekent in beginsel dat er minder grondstoffen voor de productie van nieuwe materialen nodig zijn. Vermeden materiaalproductie betekent winst voor het milieu. In de praktijk kan het meer circulair maken van de ene productketen overigens wel leiden tot het minder circulair worden van een andere productketen. Zo kan meer gebruik van gerecycled materiaal in de ene productketen minder gerecycled materiaal overlaten voor gebruik in de andere productketen (zie bijvoorbeeld Ganzevles et al. 2016). Ook kan het circulair maken van een productketen leiden tot meer gebruik van grondstoffen, meestal in de vorm van fossiele energiedragers. Zo kost het recyclen van sterk vervuild plastic, via chemische recycling (*back-to-monomer recycling*), meestal meer energie dan het maken van nieuw plastic. Verder kan het intensiveren van productgebruik, door het toegankelijker maken van het gebruik van een product, leiden tot een onbedoelde toename in productgebruik. Zo kan autodelen voor niet-autobezitters aantrekkelijk zijn om vaker een auto te gaan gebruiken. Het kan dus geen kwaad voor zulke afgeleide gevolgen te checken, maar als vuistregel leidt meer circulariteit in een productketen tot minder gebruik van grondstoffen en materialen en daardoor tot minder milieudruk (Ganzevles et al. 2016).

Voor het circulair maken van de economie bestaan verschillende strategieën, de zogenoemde R-strategieën. Hun doel is dat er minder grondstoffen en materialen in een productketen worden gebruikt. In deze studie hebben we de R-lijst in figuur 2.1 gebruikt. Er bestaan meer R-lijsten (zie bijvoorbeeld CE & MVO 2015; EMF 2013; RLI 2015; Vermeulen et al. 2014). In de praktijk lijken alle R-lijsten op elkaar en verschillen ze vooral in het aantal onderscheiden circulariteitsstrategieën (R-en). De R-lijsten lopen doorgaans van strategieën met een hoge circulariteit (laag R-nummer) naar strategieën met een lage circulariteit (hoog R-nummer). Overigens leiden R0 en R1 niet tot het langer circuleren van grondstoffen en materialen, maar wel tot minder grondstoffen- en materiaalgebruik in een productketen. Daarom worden deze R-en doorgaans ook tot circulariteitsstrategieën gerekend.

Figuur 2.1  
**Prioriteitsvolgorde van circulariteitsstrategieën in productketen**



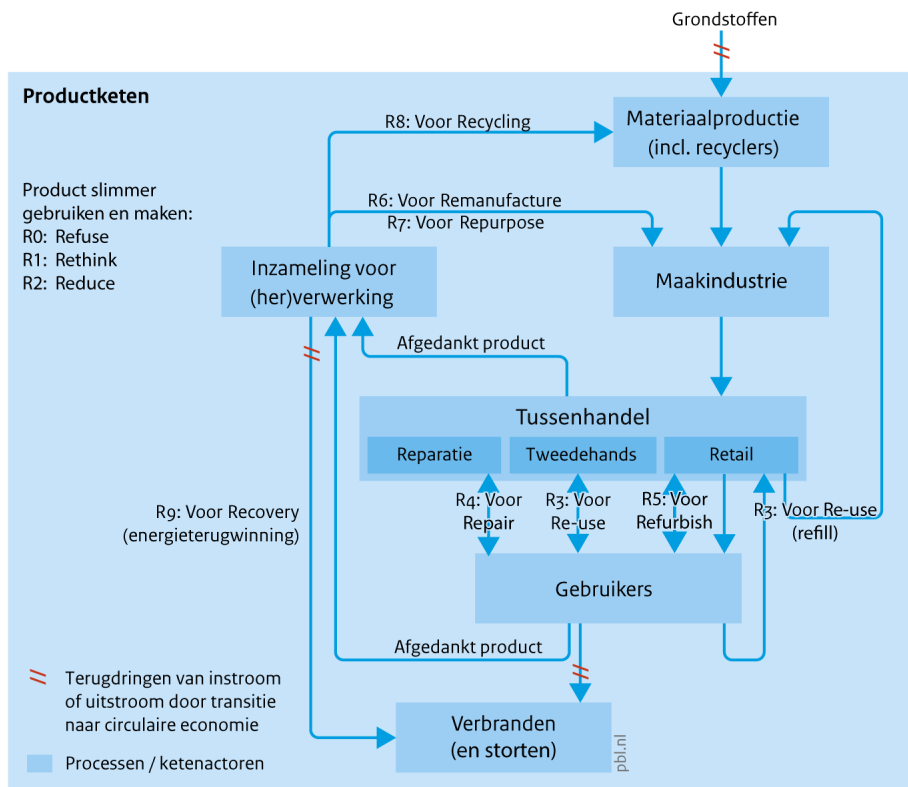
Bron: RLI 2015; bewerking PBL

De bestaande R-lijsten bouwen eigenlijk allemaal voort op de zogenoemde Ladder van Lansink, met een prioriteitsvolgorde voor afvalverwerkingswijzen. Deze Ladder is vernoemd naar een in 1979 door de Tweede Kamer aangenomen motie van CDA-kamerlid Ad Lansink, en speelt sindsdien een belangrijke rol in het Nederlandse afvalbeleid. Ook internationaal heeft de Ladder van Lansink nog steeds veel invloed (zie bijvoorbeeld EC 2010). De R-lijst in figuur 2.1 is een combinatie van de R-lijst van de RLI (2015) en Vermeulen et al. (2014). De resulterende R-lijst leent zich ertoe om circulariteitsstrategieën te formuleren waarin de primaire functie van een productgroep blijft gehandhaafd. Figuur 2.2 geeft weer waar in een productketen (productsysteem) de verschillende circulariteitsstrategieën relevant zijn, en welke ketenactoren daarbij een rol spelen.

## 2.2 CE-transitie en innovatie

Duurzaamheidstransities behelzen vaak een radicaal andere inrichting van maatschappelijke voorzieningen, zoals energie, transport of voeding. Kenmerkend voor duurzaamheidstransities is socio-institutionele verandering. Dat wil zeggen, verandering in regelgeving, gewoonten, normen en productie- of gebruikerspraktijken. Duurzaamheidstransities worden regelmatig aangejaagd door radicale technologische innovaties, en daarom nogal eens gelabeld als technologische transitie (Geels 2002). Het zijn echter de socio-institutionele veranderingen die duurzaamheidstransities vaak zo complex maken. Een radicaal andere inrichting van maatschappelijke voorzieningen vraagt namelijk al snel om veranderingen in wetgeving en beleid, in cognitieve structuren over hoe mensen denken dat de wereld werkt en wat ze normaal vinden, en in normatieve kaders die bepalen wat ze legitiem vinden (Fuenfschilling & Truffer 2013).

Figuur 2.2  
Circulariteitsstrategieën en rol van ketenactoren in productketen



Bron: PBL

CE-transities onderscheiden zich van de meeste andere duurzaamheidstransities door een verandering van lineair naar circulair gebruik van grondstoffen. Wat betreft het gebruik van technologie in productketens kunnen drie typen CE-transities worden onderscheiden:

1. CE-transities waarin de opkomst van specifieke radicaal nieuwe technologie centraal staat en die de transitie vormgeeft (radicale innovatie in kerntechnologie). Socio-institutionele verandering is nodig om de nieuwe technologie een plek te geven in de samenleving. Een typisch voorbeeld zijn de recent opgekomen biobased plastics die inmiddels hun plek verworven hebben.
2. CE-transities waarin socio-institutionele verandering centraal staat en technologische innovatie een ondergeschikte of geen rol speelt (incrementele innovatie in kerntechnologie), maar geen dominante rol zoals bij transities van type 1. Een wellicht extreem voorbeeld is de invoering van verpakkingsvrije winkels.
3. CE-transities waarin socio-institutionele verandering centraal staat, maar deze mogelijk wordt gemaakt door hulptechnologie (*enabling technology*). Een voorbeeld is de omschakeling naar de zogenoemde deeleconomie (*sharing economy*). Deze overgang van eigendom naar gebruik van diensten is vooral een socio-institutionele verandering, maar deze is niet mogelijk zonder informatietechnologie voor het koppelen van aanbieders en gebruikers.

Het grote verschil tussen CE-transities van type 3 en die van typen 1 en 2, is dat de benodigde hulptechnologie generiek is en niet specifiek is ontwikkeld voor deze transitie (bijvoorbeeld informatietechnologie of nieuwe materialen). Transities van type 3 worden dus mogelijk door technologieontwikkeling in andere kennisdomeinen dan die voor de betreffende productketen. Voor het monitoren van een duurzaamheidstransitieproces maakt het veel uit welk type CE-transitieproces aan de orde is.



### **Type 1: CE-transities waarin radicale technologie centraal staat**

Een radicaal nieuwe technologie ontstaat vanuit een fundamenteel nieuwe kennisbasis (Shaz & Krop 2012). De centrale rol van radicaal nieuwe technologie, leidend tot een wezenlijk ander product, kenmerkt een transitie als een strijd tussen de bestaande en nieuwe technologie, en tussen de belangen rond de bestaande technologie en van *challengers of new entrants* in de nieuwe technologie (Chandy & Tellis 2000; Penna & Geels 2012; Shaz & Krop 2012; Smink et al. 2013). De radicaal nieuwe technologie is vaak duur, bevat nog technische onvolkomenheden en botst gewoonlijk met allerlei socio-institutionele regels en normen (Smink et al. 2014). Bestaande technologie daarentegen heeft grote schaal- en netwerkvoordelen en is daardoor vaak goedkoop en perfect afgestemd op allerlei socio-institutionele structuren door jaren van wederzijdse beïnvloeding (co-evolutie) (Kemp 1994; Unruh 2000). De belangen rond bestaande technologie zijn groot, en gevestigde spelers handelen strategisch om hun positie te consolideren. Deze ongelijke strijd is lastig te winnen voor radicaal nieuwe technologie (Wilson 2012).

Hekkert et al. (2007) stellen dat rond radicaal nieuwe technologie eenzelfde perfecte socio-institutionele inbedding moet plaatsvinden als voor bestaande technologie. Zij noemen dit het Technologisch Innovatie Systeem. Het opbouwen van zo'n innovatiesysteem is een langzaam en risicovol proces, en verklaart voor een groot deel het trage en onzekere verloop van technologische transities. In termen van monitoring moet worden onderzocht in welke mate een nieuw technologisch innovatiesysteem wordt opgebouwd. Radicale technologische ontwikkeling voor het wezenlijk andere product binnen het nieuwe innovatiesysteem is goed te onderscheiden van bestaande technologie in bestaande producten in bestaande innovatiesystemen. Dit vergemakkelijkt het monitoren.

### **Type 2 en 3: CE-transities waarin socio-institutionele verandering centraal staat**

Bij transities waarin socio-institutionele verandering centraal staat, is er in veel mindere mate sprake van specifieke radicaal nieuwe technologische innovaties, hooguit van een aanpassing van bestaande technologie. Dit soort incrementele technologische innovaties, leidend tot een aanpassing van bestaande producten, leunen op de bestaande kennisbasis en vinden binnen een bestaand innovatiesysteem plaats. Ze vragen dan ook niet om de opbouw van een compleet nieuw innovatiesysteem. Zo kan een wasmachine die langer meegaat, en makkelijker is te repareren en ontmantelen aan het einde van haar levensduur, worden ontworpen zonder fundamenteel nieuwe kennis. Dit is technologisch veel minder ingrijpend dan het ontwikkelen van een radicaal nieuwe technologie, leidend tot een wezenlijk ander product, vanuit een fundamenteel nieuwe kennisbasis en binnen een nieuw innovatiesysteem.

CE-transities rond incrementele technologische innovatie leiden dus tot aanpassing van een bestaand product binnen een bestaand innovatiesysteem. Dit maakt de aangepaste technologie en aangepaste producten veel minder makkelijk te onderscheiden van de bestaande technologie en bestaande producten. Technologisch is er immers weinig verschil tussen het oude en nieuwe product, en er ontstaat dus geen nieuw innovatiesysteem. In termen van monitoring houdt dit in dat niet de opbouw van duidelijk te onderscheiden nieuwe innovatiesystemen moet worden gemonitord, maar juist de vaak meer subtiele verandering binnen bestaande innovatiesystemen.

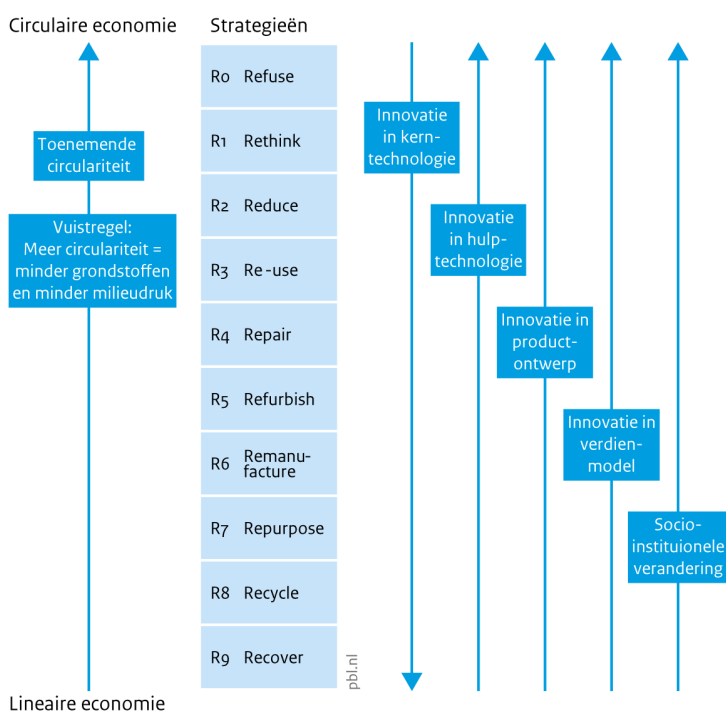
Kenmerkend voor alle drie typen CE-transities is een verandering in innovatierichting van lineair naar circulair gebruik van grondstoffen. Daarmee is een CE-transitie anders dan de meeste andere duurzaamheidstransities waarin regelmatig radicaal technologische innovatie centraal staat, maar circulair gebruik van grondstoffen geen rol hoeft te spelen.

De innovatieliteratuur spreekt wel over een *directionality failure* (Weber & Rohracher 2012). Dit betekent dat de innovatierichting niet overeenkomt met de maatschappelijke wens. De huidige economie heeft bijvoorbeeld vooral veel aandacht voor kostprijsverlaging en verbeteren van functionaliteit voor consumenten, en is nog te weinig gericht op het efficiënt omgaan met grondstoffen.

De innovatieliteratuur heeft het ook over *coordination failure* (Weber & Rohracher 2012; Wicczorek & Hekkert 2012). Dit beschrijft het probleem voor economische actoren om elkaar te vinden en gezamenlijk oplossingen voor problemen te genereren. Dit is belangrijk voor CE-transities, aangezien het circuleren van grondstoffen vraagt om meer samenwerking tussen economische actoren dan bij lineaire ketens het geval is. Een centrale vraag is dan ook hoe bedrijven, andere organisaties en consumenten gezamenlijk het beste een circulair systeem kunnen inrichten. Socio-institutionele weerbarstigheid maakt CE-transities zeer complex. De grootste belemmering voor een CE-transitie is dan ook de socio-institutionele lock-in (Unruh 2000) in bestaande manieren van consumeren, produceren en zaken doen. Monitoring van het transitieproces moet inzicht geven in het ontstaan van nieuwe ketenrelaties. Volgens Linder en Williander (2015) vraagt een circulair verdienmodel technologische expertise om de productketen te sluiten. Het merendeel van de risico's voor bedrijfsinvesteringen in circulaire verdienmodellen is echter toe te kennen aan socio-organisatorische obstakels. Linder en Williander maken geen onderscheid tussen kerntechnologie en hulptechnologie, noch tussen verschillende circulaire verdienmodellen, en gaan ook niet in op productontwerp. Innovaties in hulptechnologie, productontwerp en verdienmodel kunnen wel belangrijk zijn om socio-institutionele verandering te faciliteren.

In deze studie proberen we de rol van innovatie, en vooral technologische innovatie, in de circulaire economie beter te conceptualiseren door het belang hiervan te evalueren voor circulariteitsstrategieën met hoge en minder hoge ambities (R0 tot en met R8). We verwachten een grotere rol van radicale technologische innovatie voor minder ambitieuze circulariteitsstrategieën (dichter bij R8), en een kleinere rol van technologie voor meer ambitieuze circulariteitsstrategieën (dichter bij R0). Bij een ambitieuze circulariteitsstrategie verwachten we in de hele productketen ook een grotere rol van socio-institutionele verandering, en ook van innovatie in hulptechnologie, verdienmodel en productontwerp om dit te faciliteren (zie figuur 2.3). Dit zal aan de hand van figuur 2.1 en op basis van de casestudies nader worden geëvalueerd. We kijken daarbij voor elke case of innovatie en socio-institutionele verandering radicaal (dominant), of incrementeel (duidelijk aanwezig of ondergeschikt/afwezig) is.

**Figuur 2.3**  
**Rol van innovatie in circulariteitsstrategieën voor een productketen**



Bron: PBL

## 2.3 Meten voortgang CE-transities

Welke circulariteitsstrategieën zijn het meest geschikt om grondstoffen- en materiaalgebruik en afvalproductie te voorkomen? De prioriteitsvolgorde in figuur 2.1 laat dat zien. Producten slimmer gebruiken en maken (R0-R2) heeft de voorkeur boven levensduurverlenging van producten (R3-R7). De laagste prioriteit heeft het nuttig toepassen van materialen door recycling of verbranding met energierterugwinning (R8-R9). Elk van deze circulariteitsstrategieën stelt andere eisen aan socio-institutionele verandering, en aan innovaties in kern- of hulptechnologie, productontwerp of verdienmodel. De vereiste prestaties voor een succesvolle CE-transitie kunnen zich uitstrekken tot de gehele bestaande productketen van grondstofwinning en -bewerking, via materiaalproductie naar productfabricage en productgebruik, tot inzameling van verwerking van afval.

Er bestaat nog geen afgestemde manier om de voortgang van het CE-transitieproces, en de effecten daarvan op circulariteit, milieu en economie te meten. Het Europees milieubureau (EEA 2016b) gaat maar beperkt in op het meten van het CE-transitieproces (middelen en activiteiten), en effecten op milieu en economie, en richt zich op CE-prestatiedoelen en CE-effectdoelen in relatie tot circulariteit. Zij stellen daarvoor vragen als:

- Neemt het gebruik van primaire materialen in absolute zin af?
- Is bij het ontwerp rekening gehouden met hergebruik en recycling?
- Neemt het aandeel gevaarlijke stoffen in producten af?
- Worden producten langer gebruikt?
- Behouden materialen hun waarde en is sprake van hoogwaardige recycling?

Het EEA (2016b) richt zich in beginsel ook op de voortgang van de CE-transitie op nationaal niveau. Deze studie gaat niet zozeer over nationaal niveau, maar over CE-transities in afzonderlijke productketens. Daarmee bouwen we voort op de aanpak van het EEA (2016b), maar passen deze ook aan op het meten van afzonderlijke productketens, en breiden deze uit met het meten van het hele CE-transitieproces en effecten op milieu en economie.

Het is nuttig om CE-transities zowel voorafgaand (ex ante), gedurende (ex durante) en na afloop (ex post) te evalueren. Een ex ante evaluatie is relevant om te verkennen of voorgenomen CE-transities inderdaad potentie hebben om tot de beoogde CE-effecten te leiden (dat wil zeggen, in overeenstemming zijn met CE-transitiedoelen zoals in paragraaf 2.1). Uit een evaluatie van CE-Green Deals, convenanten tussen de overheid en maatschappelijke partners om belemmeringen voor CE-transities weg te nemen, blijkt dat er doorgaans geen ex ante evaluatie plaatsvindt of de voorgenomen CE-transitie daadwerkelijke positieve CE-effecten kan opleveren. Een beperkte analyse van vijf geselecteerde CE-Green Deals laat zien dat een aantal van deze cases mogelijk niet tot positieve CE-effecten leiden. Het meer circulair maken van de productketens zou in deze CE-Green Deals kunnen leiden tot minder circulariteit in andere productketens (Ganzevles et al. 2016). Ex durante evaluatie is belangrijk om te monitoren of het CE-transitieproces op de voorgenomen koers ligt, en tot de beoogde effecten leidt. Ex post evaluatie moet uitwijzen of de effecten van de CE-transitie in overeenstemming zijn met CE-transitiedoelen, en of dat aan de transitieactiviteiten en -prestaties of aan externe factoren te danken is.

Voortgang meten van CE-transities betekent verzamelen van meetbare informatie van kwantitatieve of semi-kwantitatieve aard, en het samenvatten van deze meetbare informatie in indicatoren. Indicatoren voor kwantitatieve informatie kunnen in beginsel worden uitgedrukt in één getal (door optellen, aftrekken, vermenigvuldigen, delen, of middelen). Semi-kwantitatieve informatie heeft vaak een ja-neekarakter, maar kan ook een indeling in klassen inhouden (zoals 'alles, veel, weinig, niets', 'hard, zacht', 'donker, schemerig, licht'). Indicatoren voor semi-kwantitatieve informatie kunnen worden weergegeven door per klasse te turven. Kwantitatieve en semi-kwantitatieve informatie en indicatoren zijn voor alle drie ty-

pen evaluaties relevant, alhoewel semi-kwantitatieve informatie of indicatoren een nadrukkelijker rol zullen spelen in het meten van de voortgang van het CE-transitieproces dan voor het meten van het effect hiervan op CE-effecten.

Middelen, activiteiten en prestaties vertegenwoordigen samen het CE-transitieproces. Informatie over middelen kan helpen vaststellen welke actoren en hoeveel financiën en andere middelen nodig worden geacht om het CE-doel te bereiken. Informatie over activiteiten geeft inzicht of alle relevante actoren inderdaad van de partij zijn, en bezig zijn met het plannen en ondernemen van activiteiten waarvan de resultaten tot de gewenste CE-prestaties en CE-effecten zullen moeten leiden. Informatie over prestaties geven aan of de activiteiten inderdaad tot de gewenste prestaties hebben geleid, zoals een gewenste verschuiving in circulariteitsstrategie. Tabel 2.1 geeft een overzicht van de verschillende typen informatie over het CE-transitieproces. Veel van deze informatie is lastig te meten (zie paragraaf 2.2), en moet door de actoren in een productketen zelf worden aangeleverd.

Voor milieueffecten is in hoofdstuk 1 al te lezen dat er een woud aan indicatoren bestaat. Deels gaat het hierbij om pluriformiteit in hoe indicatoren voor een gegeven milieuthema precies meten (operationele definitie; Swanborn 1987), deels over het brede spectrum aan milieuthema's waarvoor effectindicatoren bestaan. Om het evalueren van de milieueffecten van productketens hanteerbaar te houden, is het zogenoemde 'van-wieg-tot-graf primair energieverbruik' al vaker voorgesteld als proxy voor andere milieueffecten (Huijbregts et al. 2006). Verschillende studies hebben aangetoond dat er van-wieg-tot-graf inderdaad een goede correlatie bestaat tussen primair (fossiel) energieverbruik en andere milieueffecten, maar dat de onzekerheden tegelijkertijd ook groot zijn, alhoewel binnen productgroepen vaak verklaarbaar (Huijbregts et al. 2006; Pascual-González 2016). Zo is er de lage correlatie tussen van-wieg-tot-graf primair (fossiel) energieverbruik en de productie van chemicaliën. Voor sommige productgroepen kan het daarom zinvol zijn om ook indicatoren voor specifieke milieueffecten te includeren, maar in beginsel lijkt van-wieg-tot-graf energieverbruik geschikt als generieke proxy voor de van-wieg-tot-graf milieueffecten van productketens. Om te voorkomen dat van-wieg-tot-graf energieverbruik per producteenheid daalt, maar door groeiende consumptie op sectorniveau toeneemt, moet dit zowel voor een producteenheid als voor de hele sector worden gemeten.

Ook voor circulariteitseffecten is energieverbruik voor het recyclingproces, inclusief alle werkingsstappen en transport vanaf afvalinzameling tot en met recycleert, voorgesteld als een adequate proxy. Daarbij ligt het voor de hand om ook voor het recyclingproces het primair grondstoffenverbruik per producteenheid en op sectorniveau als maat voor de circulariteit te nemen. Verder moet ook hier het van-wieg-tot-graf primair grondstoffenverbruik per producteenheid en per sector als maat voor de circulariteit worden genomen.

Om zicht te krijgen op de economische meerwaarde van een circulaire economie ligt het voor de hand om te kijken naar bestaande economische indicatoren, toegespitst op een circulaire economie. Dit betreft in elk geval toegevoegde waarde, werkgelegenheid, patenten en investeringen in een circulaire economie.

De diagnostische vragen in tabel 2.1 zijn relevant voor alle CE-transities, en op zichzelf niet afhankelijk van de gevolgde circulariteitsstrategie daarin. Wel zullen de veranderingen voor sommige vragen groter zijn bij hogere circulariteitsstrategieën met een grotere rol voor socio-institutionele verandering en innovatie in hulptechnologie, productontwerp en verdienmodel. Op dezelfde wijze zullen andere vragen grotere veranderingen laten zien bij lagere circulariteitsstrategieën waarin kerntechnologie een dominante rol speelt.

**Tabel 2.1 Diagnostische vragen om de voortgang te meten van het CE-transitieproces en van CE-effecten**

<b>Diagnostische vragen</b>	
<b>Middelen</b>	<b>Mobiliseren van middelen</b> - Zijn alle actoren die relevant zijn voor het realiseren van CE-oplossingen, actief betrokken? - Is er voldoende kapitaal beschikbaar voor het realiseren van CE-oplossingen? - Zijn er specifieke fysieke middelen beperkend in het realiseren van CE-oplossingen?
	<b>Kennisontwikkeling</b> - Is er voldoende kennis beschikbaar om CE-oplossingen te ontwikkelen? Over bijvoorbeeld technologie, patenten, consumentgedrag en ketenpartnergedrag?
<b>Activiteiten</b>	<b>Kennisuitwisseling</b> - Wordt er genoeg kennis uitgewisseld over CE-oplossingen in de productketen?
	<b>Experimenteren door ondernemers</b> - Experimenteren de ondernemers voldoende met CE-oplossingen en -verdienmodellen? - Wordt er al opgeschaald met betrekking tot CE-oplossingen?
	<b>Richting geven aan zoekproces</b> (visie, verwachtingen van overheid en kernactoren, regelgeving) - Is er een heldere visie voor de productketen over de circulariteitsstrategie die wordt nagestreefd? - Wordt deze circulariteitsstrategie breed gedeeld? - Structureert deze circulariteitsstrategie de activiteiten van ketenpartners?
	<b>Openen van markten</b> - Zijn de ketenpartners actief in het voorlichten van consumenten over CE-oplossingen? - Wordt er voldoende geïnvesteerd door bedrijven? - Is er flankerend beleid van de overheid dat helpt bij het openen van markten?
	<b>Tegengaan van weerstand</b> - Is er sprake van weerstand tegen CE-oplossingen (zoals in de bestaande productketen, of in de vorm van belemmerende wet- en regelgeving)? - Wordt er voldoende actie ondernomen om weerstand tegen CE-oplossingen tegen te gaan?
	<b>CE-ontwerp</b> - Wat is de huidige levensduur van producten en in welke mate heeft de CE-transitie die verlengd, vergeleken met de oorspronkelijke levensduur? - Zijn producten makkelijker uit elkaar te halen? - Zijn in het ontwerp gerecyclede materialen gebruikt? - Zijn onderdelen ontworpen met oog op hoogwaardige recycling (zonder milieudruk te veroorzaken)?
	<b>Productie</b> - Neemt het totale (primair en secundair) materiaalverbruik door bedrijven af? - Gebruiken bedrijven minder mens- en milieugevaarlijke stoffen? - Gaat de productie gepaard met minder afval? - Verschuiven bedrijven naar CE-verdienmodellen zoals product(component)en hergebruiken, service-based producten?
<b>Prestatie</b>	<b>Consumptie</b> - Vindt er een verschuiving naar CE-producten plaats (ten opzichte van conventionele producten)? - Worden de CE-producten langer of intensiever gebruikt vóór afdanking? - Gaat productgebruik gepaard met minder afval?
	<b>Afval</b> - Is er een verschuiving van storten en verbranden naar recycling? - In welke mate is er sprake van hoogwaardige recycling? - In welke mate is recycling kosten- en milieueffectief?
	<b>Circulariteit</b> (grondstoffenefficiëntie) - Neemt de primaire materiaalinput in kilogram af per functionele eenheid product? - Neemt de primaire materiaalinput in kilogram af voor de hele sector?
<b>Effecten</b>	<b>Milieu</b> Voor alle productgroepen: - Neemt het cumulatieve energieverbruik in MJ <sub>pr</sub> per functionele eenheid product af? - Neemt het cumulatieve energieverbruik in MJ <sub>pr</sub> voor de hele sector af? Milieudruk relevant voor specifieke productgroepen: - Neemt de milieudruk per functionele eenheid product af? - Neemt de cumulatieve milieudruk voor de hele sector af?
	<b>Economie</b> - Neemt de toegevoegde waarde van producten of productservices toe? - Neemt de werkgelegenheid in de productketen toe?

Bron: EEA (2016b); Hekkert et al. (2011); Huijbregts et al. (2006)

# 3 Toepassing

In dit hoofdstuk evalueren we een aantal cases waarin CE-transities in productketens centraal staan. We kijken daarbij in het bijzonder naar de rol van socio-institutionele verandering en innovatie. Parallel aan het denkkader zijn hypothetische circulariteitsstrategieën opgesteld en geëvalueerd voor twee productgroepen: plastic verpakkingen en elektrische apparaten. Daarnaast zijn de circulariteitsstrategieën (zie figuur 2.1) vastgesteld en geëvalueerd voor twee groepen praktijkcases, 36 CE-Green Deals (CE-GDs) en 32 CE-Best Practices (CE-BPs) met CE-transities in specifieke productketens.

In de evaluatie is gekeken of socio-institutionele verandering en de drie typen innovatie een dominante (radicale) rol spelen, of nadrukkelijk aanwezig maar niet dominant zijn dan wel een ondergeschikte (geen) rol spelen (incrementeel). Bij het evalueren van de rol van innovatie is onderscheid gemaakt naar kerntechnologie, hulptechnologie, productontwerp en verdienmodel.

## 3.1 Plastic verpakkingen

### 3.1.1 Bestaande situatie

In 2014 was de Nederlandse vraag naar plastics 1,95 miljoen ton, waarvan 39,5 procent ofwel 0,77 miljoen ton voor toepassing in verpakkingen (PlasticsEurope 2014/2015; 2015). Volgens PlasticsEurope (2014/2015; 2015) zou 45 procent van de in Nederland gebruikte verpakkingen worden gerecycled. Volgens Nedvang (2015) zou er in 2014 zelfs 50 procent zijn gerecycled.<sup>1</sup> Nedvang monitort de inzameling en recycling van verpakkingsafval van plastic (en andere verpakkingsmaterialen), en wordt via het Afvalfonds Verpakkingen bekostigd door het verpakkende bedrijfsleven (producenten en importeurs van verpakte producten).

Het verpakkend bedrijfsleven is volgens het Besluit Beheer Verpakkingen (2014) verantwoordelijk voor de inzameling en recycling van verpakkingsafval. Petflessen groter dan 0,5 liter worden momenteel voor recycling ingezameld door frisdrankretailers via een statiegeldsysteem (IenM 2016). Overig huishoudelijk plastic verpakkingsafval in Nederland wordt sinds 2008 ingezameld via het inzamelingsysteem Plastic Heroes. Ook dit wordt via het Afvalfonds Verpakkingen bekostigd door het verpakkende bedrijfsleven. Via Plastic Heroes wordt plastic verpakkingsafval ingezameld via bronscheiding (360 gemeenten) of nascheiding uit het restafval (48 gemeenten). Bij bronscheiding wordt het plastic verpakkingsafval bij mensen thuis opgehaald in zakken van Plastic Heroes, of door mensen zelf weggebracht naar containers van Plastic Heroes. Van de gemeenten die eerder (alleen) aan bronscheiding deden, combineren 36 gemeenten sinds juni 2013 bron- en nascheiding (KIVD 2014a; Nedvang 2014; Plastic Heroes 2015). Figuur 3.1 geeft een overzicht van de vraag, inzameling en recycling van plastic verpakkingen.

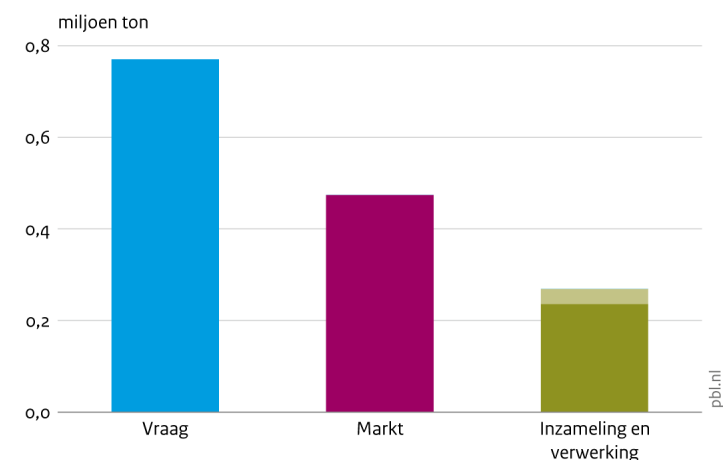
---

<sup>1</sup> Dit is waarschijnlijk een overschatting door de manier van monitoring door Nedvang (2015). Het percentage recycling van Nedvang (2015) is gebaseerd op absolute hoeveelheden gerecycled versus op de Nederlandse markt gebracht plastic verpakkingsafval. De markthoeveelheden van Nedvang (2015) komen uit zelfrapportages door verpakkende bedrijven met meer dan 0,05 miljoen ton verpakkingen op de markt en aannames voor overige bedrijven. Het totaal ligt bijna 40 procent lager dan de vraag naar plastics voor toepassing in verpakkingen van PlasticsEurope (2015a,b). Dit verschil lijkt niet verklaarbaar uit export van plastic verpakkingen (Nedvang 2014). De hoeveelheden gerecycled plastic verpakkingsafval zijn volledig gebaseerd op zelfrapportage door gemeente en bedrijven voor inzameling, en afvalverwerkers voor recycling en verbranding van ingezameld Nederlands plastic verpakkingsafval. De Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) controleert de gegevens over gerecycled verpakkingsafval afkomstig uit huishoudelijk afval en heeft deze gegevens als zeker en betrouwbaar beoordeeld (Nedvang 2015). Over de betrouwbaarheid van de rapportages over gerecycled bedrijfsafval doet Nedvang (2014; 2015) geen duidelijke uitspraken. Figuur 3.1 geeft een overzicht van de cijfers.

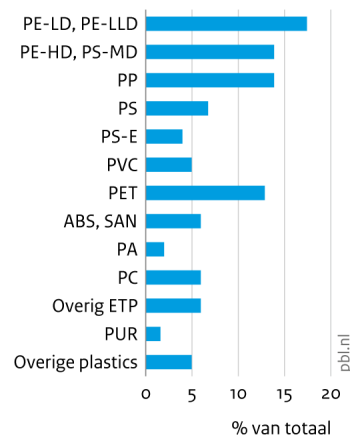
Figuur 3.1

### Vraag, inzameling en verwerking van typen plastics voor verpakkingen

Vraag, inzameling en verwerking, 2014



Vraag per type plastic, 2015



■ Vraag door Nederlands verpakkend bedrijfsleven  
■ Op Nederlandse markt (zelfrapportage, waarschijnlijk onderschatting)  
■ Nederlandse inzameling en verwerking  
■ Verbranding  
■ Recycling

Bron: PlasticsEurope 2015; Nedvang 2015

### 3.1.2 Circulariteitsstrategieën voor plastic flessen

Per jaar gebruiken Nederlandse consumenten bijna anderhalf miljard frisdrankflessen van polyethyleentereftalaat (pet). Er zit statiegeld op petflessen groter dan 0,5 liter, en deze kunnen worden ingeleverd bij frisdrankretailers (IenM 2016). In 2013 werd er 0,02 miljoen ton statiegeldflessen oftewel petflessen gerecycled (Nedvang 2014). Vooralsnog zit er geen statiegeld op petflessen van 0,5 liter of kleiner. De website van IenM (2016) meldt dat er per 1 januari 2016 een proef zou komen met een beloningssysteem voor het retourneren van kleine petflessen (retourpremie). Ingezamelde grote petflessen worden nu vermalen tot snippers, die worden gereinigd en gesmolten, alvorens er weer korrels van te maken (granulaat). De korrels kunnen worden verwerkt in nieuwe petflessen, of tot andere producten, zoals jerrycans, truien, speelgoed, tuinstoelen, leidingen en buizen (Plastic Heroes 2015). Het aandeel gerecycled pet in nieuwe petflessen was in 2012 circa 18 procent. Met de huidige technologie zou nu 40-60 procent haalbaar moeten zijn in zogenoemde gelamineerde flessen (*multi-layer bottles*) (WRAP 2005).

Het verpakkende bedrijfsleven heeft in de Raamovereenkomst Verpakkingen 2013-2022 (2013) toegezegd om het aandeel mechanisch gerecycled pet in flessen op te voeren tot 25 procent. Volgens afspraak zal in 2018 worden voldaan aan het hoogst haalbare aandeel petrecycalaat in petflessen, in elk geval meer dan gemiddeld 23 procent en 28 procent mechanisch gerecycled pet in kleine respectievelijk grote petflessen. Hiervoor zal het aandeel ingezamelde petflessen omhoog moeten, waarschijnlijk door een vorm van nascheiding (R5 in tabel 3.1).

Middels de Raamovereenkomst Verpakkingen 2013-2022 (2013) laat de overheid, binnen randvoorwaarden, het initiatief bij het verpakkend bedrijfsleven (Extended Product Responsibility; EPR). Frisdrankproducenten en retailers vinden het statiegeld- en retourpremie-systeem duur en zouden petflessen liever met het overige plastic afval inzamelen en recycelen. Tot 2006 werden grote petflessen door frisdrankproducenten niet gerecycled, maar nog opnieuw gevuld (MilieuCentraal 2015). Dit zou voor zowel grote als kleine petflessen weer kunnen worden ingevoerd (R3b in tabel 3.1), maar dit zal een omslag vergen bij frisdrankproducenten (reinigen en opnieuw vullen), en tot op zekere hoogte ook bij retailers (meer inzamelen) en consumenten (gescheiden meer wegbrengen). Consumenten zouden ook zelf

hun petflessen kunnen schoonmaken en vullen door bijvoorbeeld een tapsysteem bij de retailers (R3a in tabel 3.1). De technologie voor dergelijke tapsystemen bestaat, maar invoeren ervan vergt een logistieke omschakeling bij met name frisdrankproducenten en retail, en deze kunnen niet verantwoordelijk worden gesteld voor hoe goed consumenten hun petflessen schoonmaken. Dus waarschijnlijk is ook aanpassing van regelgeving rondom voedselveiligheid en -kwaliteit nodig. Dit laatste kan worden vermeden als consumenten hun frisdrank thuis zelf zouden bereiden door frisdrankpoeder en kooldioxide aan water toe te voegen (R0 in tabel 3.1). Dit wordt nu feitelijk ook gedaan door frisdrankproducenten, en door een deel van de horeca middels tapsystemen. Technologie voor kleinere consumentenvolumes bestaat al langer. Brede marktintroductie ervan vergt weliswaar een logistieke omslag, maar scheelt veel transport en ruimte voor zowel consumenten, frisdrankproducenten als retail. Producenten zouden zich kunnen profileren en klanten kunnen binden door merkgebonden ontwerp van een frisdrankbereidingssysteem en bijbehorende verpakking van frisdrankpoeder (en kooldioxide). Alle drie varianten leiden tot grote reductie (R3a en R3b) of zelfs afschaffing (R0) van de productie van petflessen. Dezelfde circulariteitsstrategieën zijn relevant voor flessen als verpakking voor ander vloeibaar voedsel.

### 3.1.3 Circulariteitsstrategieën voor overig plastic verpakkingsafval

De focus in deze paragraaf is op verpakkingen voor voedingsmiddelen. Het huidige systeem van inzameling en (laagwaardige mechanische) recycling van plastic verpakkingsafval kan worden voortgezet (R8b in tabel 3.1) of worden doorontwikkeld tot hoogwaardige mechanische recycling (R8a in tabel 3.1). Voor hoogwaardige recycling zou de huidige door Plastic Heroes ingezamelde mix van vele soorten en vervuild plastic in fracties moeten worden gescheiden in (schone) afzonderlijke plastics. Technologie voor mechanische afvalscheiding is beschikbaar en wordt al doende verbeterd om een betere scheiding en zuiverdere fracties mogelijk te maken.

Een groot deel van het overige huishoudelijke plastic verpakkingsafval kan echter ook worden voorkomen. Consumenten zouden voor houdbare voedingsmiddelen en een belangrijk deel van de verse voedingsmiddelen, net als voor frisdrankflessen, de bestaande verpakking zelf kunnen schoonmaken en opnieuw vullen (R3a in tabel 3.1). Wellicht vraagt dit om een robuustere verpakking, maar door veelvuldig hergebruik zal de hoeveelheid verpakking per eenheid voedingsmiddel naar verwachting sterk afnemen. Verder vraagt dit om een soortgelijke omslag als voor frisdrankflessen. Verpakking van grotere verse groenten als komkommers en aubergines kan wellicht achterwege blijven (R0 in tabel 3.1). Mogelijk is het dan wel nodig om sneller verse voedingsmiddelen aan te voeren, en niet (langer) verkoopbare voedingsmiddelen sneller te vervangen (met mogelijke voedselverspilling tot gevolg). Verse groenten worden nu vaak in krimpfolies verpakt ter bescherming tijdens het transport en ter verhoging van de houdbaarheid. Afschaffing van verpakking voor dit soort verse voedingsmiddelen druist dus in tegen de huidige trend. Folies zullen misschien niet voor verse voedingsmiddelen als vleeswaren kunnen worden voorkomen (R0 in tabel 3.1). Het overblijvende sterk vervuilde folie kan wellicht beter via het restafval worden ingezameld en verbrand met energierterugwinning (R8 in tabel 3.1).

## 3.2 Elektrische apparaten

### 3.2.1 Bestaande situatie

Europese wetgeving over 'Waste of Electric and Electronic Equipment' (WEEE) verplicht producenten en importeurs om door huishoudens afgedankte elektrische apparaten in te zamenen en te recyclen. In Nederland organiseren Wecycle en ICT Milieu dit in opdracht van en betaald door producenten en importeurs. Uitvoering van deze inzameling en recycling ligt bij Wecycle. Consumenten kunnen een afgedankt elektrisch apparaat achterlaten bij de winkel waar ze een nieuw elektrisch apparaat kopen, of anders inleveren bij de gemeentelijke



**Tabel 3.1 Circulariteitsstrategieën, socio-institutionele veranderingen en innovatie voor plastic verpakkingen en elektrische apparaten**

<b>Circulariteitsstrategie voor plastic flessen (vloeibare voedingsmiddelen)</b>		<b>KT</b>	<b>HT</b>	<b>PO</b>	<b>VM</b>	<b>SI</b>
R0	Refuse: Geen flessen nodig. Consument maakt drank thuis uit concentraat (bijvoorbeeld appeldiksap, cola uit smaakstoffen & CO <sub>2</sub> -capsules)			D	D	D
R3a	Reuse: Consument reinigt fles zelf, en vult zelf bij retailer			X		D
R3b	Reuse: Consument brengt fles naar retailer die fles door drankenfabrikant laat reinigen en vullen					D
R8a	Recycling, <i>hoogwaardig</i> mechanisch: Uniformering van plastics. Consument brengt fles naar centraal inzamelpunt	A				D
R8b	Recycling, <i>laagwaardig</i> mechanisch: Consument brengt fles naar centraal inzamelpunt. Huidige situatie					
R9	Verbranding met energierugwinning. Huidige situatie					
<b>Circulariteitsstrategie voor plastic folies (vaste, verse voedingsmiddelen)</b>						
R0	Refuse: Folies waar mogelijk vermijden (bijv. geen krimpfolies rond komkommers of folies als postverpakking)					D
R8a	Recycling, <i>hoogwaardig</i> mechanisch: Uniformering van plastics in folies. Consument brengt folie naar centraal inzamelpunt	A				D
R8b	Recycling, <i>laagwaardig</i> mechanisch: Mix van verschillende plastics. Consument brengt folie naar centraal inzamelpunt. Huidige situatie					
R6	Verbranden met energierugwinning. Huidige situatie					
<b>Circulariteitsstrategie voor overige plastic verpakkingen (vaste, houdbare voedingsmiddelen)</b>						
R0	Refuse: Verpakkingen waar mogelijk vermijden					D
R3	Reuse: Consument reinigt verpakking zelf, en vult zelf bij retailer		D	A		D
R8a	Recycling, <i>hoogwaardig</i> mechanisch: Uniformering van plastics in folies. Consument brengt verpakking naar centraal inzamelpunt	A				D
R8b	Recycling, <i>laagwaardig</i> mechanisch: Mix verschillende plastics. Consument brengt verpakking naar centraal inzamelpunt. Huidige situatie					
R9	Verbranden met energierugwinning. Huidige situatie					
<b>Circulariteitsstrategie voor wasmachines en drogers</b>		<b>KT</b>	<b>HT</b>	<b>PO</b>	<b>VM</b>	<b>SI</b>
R1a	Rethink: Centraal gebruik wasmachines en drogers in appartementenbouw, gebruikscontract (incl. onderhoud, reparatie, vernieuwing)		D		D	D
R1b	Rethink: Eengezinswoning heeft gebruikscontract (incl. onderhoud, reparatie, vernieuwing)		D		D	D
3a	Reuse: Consument geeft oude, nog functionerende apparaten gratis weg via eigen netwerk					
3b	Reuse: Tussenhandel verkoopt oude, nog functionerende apparaten					
R4	Repair: Consument betaalt per reparatie					
R5	Refurbish: Tussenhandel vervangt oude door moderne onderdelen, en verkoopt gemoderniseerde apparaten (rest naar recycler)			D		D
R6	Remanufacture: Tussenhandel gebruikt oude, functionerende onderdelen voor reparatie in kapotte of nieuwe apparaten (rest naar recycler)					
R8	Recycling, mechanisch: Consument brengt afgedankte apparaten direct of via tussenhandel naar recycler. Huidige situatie					
R9	Verbranding met energierugwinning					
<b>Circulariteitsstrategie voor koelkasten en vriezers</b>						
R1a	Rethink: Gebruikscontract (incl. onderhoud, reparatie, vernieuwing) dat in huur voor woningen is inbegrepen		D		D	D
R1b	Rethink: Eigenwoningbezitter heeft gebruikscontract (incl. onderhoud, reparatie, vernieuwing)		D		D	D
R3a	Reuse: Consument geeft oude, nog functionerende apparaten gratis weg via eigen netwerk					
R3b	Reuse: Tussenhandel verkoopt oude, nog functionerende apparaten					
R4	Repair: Consument betaalt per reparatie					
R5	Refurbish: Tussenhandel vervangt oude door moderne onderdelen, en verkoopt gemoderniseerde apparaten (rest naar recycler)			D		D
R6	Remanufacture: Tussenhandel gebruikt oude, functionerende onderdelen voor reparatie in kapotte of nieuwe apparaten (rest naar recycler)					
R8	Recycling, mechanisch: Consument brengt afgedankte apparaten direct of via tussenhandel naar recycler					
R9	Verbranden met energierugwinning					

Socio-institutioneel (SI), kerntechnologie (KT), hulptechnologie (HT), productontwerp (PO) en verdienmodel (VM) (D=dominant, A=aanwezig; ondergeschikt aangegeven door lege cel).

milieustraat of bij tweedehands winkels. Daarnaast hebben veel winkels inzamelbakken voor kleine elektrische apparaten. Wecycle haalt de afgedankte elektrische apparaten op bij alle inzamelpunten, en brengt ze naar één van de acht regionale sorteercentra. Hier worden ze gesorteerd (witgoedapparaten, koelkasten en vriezers, televisies en monitoren, kleine elektrische en informatietechnologische apparaten en energiezuinige lampen), en vervolgens afgevoerd naar gespecialiseerde recyclebedrijven in Nederland, België en Duitsland. Recyclingbedrijven demonteren de apparaten doorgaans om milieuschadelijke stoffen als kwik en koelvloeistoffen te verwijderen, en voor schonere scheiding van recyclebare materialen (zoals ijzer, aluminium, koper, kunststof, glas, hout en pur). Van de afgedankte elektrische apparaten wordt 30 procent via Wecycle ingezameld en gerecycled, en 70 procent verdwijnt dus op andere wijze (Huisman et al. 2012; zie tabel 3.2 voor een overzicht). Volgens Huisman et al. (2010) wordt zo'n 10 procent van de afgedankte elektrische apparaten voor hergebruik geëxporteerd. Umair et al. (2016) maken aannemelijk dat afgedankte dragers van informatietechnologie grotendeels informeel en onder erbarmelijke omstandigheden wordt gerecycled.

**Tabel 3.2. Inzameling en recycling van afgedankte elektrische apparaten**

Inzameling in kiloton in 2012								
	Grote apparaten	Koelkasten & vriezers	Klein huishoudelijke apparaten	Informatie technologie	Monitors & televisies	Lampen	Professionele elektronica	Totaal
Nederlandse markt	131	64	125	50	42	4	24	440
Afgedankte apparaten	106	49	106	50	61	4	17	392
- Export	4	10	4	10	12	0	0	44
- Wecycle & ICT Milieu	31	25	26	10	31	2	0	125
- Gedocumenteerd anders	46	6	24	12	10	0	1	110
- Niet gedocumenteerd	24	7	25	9	12	0	0	75
- Verbranding	0	0	27	9	0	2	0	38
Recycling in procenten van ingezamelde apparaten in 2014								
	Grote apparaten	Koelkasten & vriezers	Klein huishoudelijke apparaten & informatie technologie	Monitors & televisies	Lampen			
Via Wecycle & ICT Milieu	75	75	63	65	80			
- Wettelijk doel	85	85	78	84	92			

Bron: Huisman et al. (2012); Wecycle (2016)

### 3.2.2 Circulariteitsstrategieën voor wasmachines en drogers

Nederlandse huishoudens zijn gewend hun eigen wasmachine te hebben. Veel huishoudens hebben ook een eigen droger. In appartementenbouwen in andere Noord- en West-Europese landen maken bewoners juist vaak gebruik van centrale was- en droogvoorzieningen. Kosten voor onderhoud, reparatie en vernieuwing zijn dan verdisconteerd in de huur of in bijdragen voor de vereniging van eigenaren. Toenmalig milieuminister Hans Alders werd in 1993 zwaar bekritiseerd met zijn voorstel om dit voorbeeld in Nederland te volgen (Van der Malen et al. 1993).

Toch heeft het delen van was- en droogfaciliteiten grote voordelen. Behalve dat er minder wasmachines en drogers nodig zijn, verslijten ze door het intensieve gebruik ook harder, en kunnen ze dus sneller worden vervangen door nieuwe doorgaans zuiniger apparaten. Het gaat dan om energieverbruik, maar ook om water- en wasmiddelengebruik. Sinds kort zijn er wasmachines op de markt met automatische wasmiddeldosering op basis van het gewicht aan wasgoed in de machines. De grootste milieudruk van wasmachines en drogers is afkomstig van het gebruik ervan. Waarschijnlijk denken Nederlandse huishoudens nog niet anders over het delen van wasmachines en drogers dan in 1993, en huidige appartementenbouw heeft hiervoor meestal ook geen geschikte ruimte. Als dat wel het geval zou zijn, zouden gezamenlijke was- en droogfaciliteiten goed te organiseren zijn (R1a in tabel 3.1), zeker met inzet van informatietechnologie voor reserveren en 'afrekenen' van gebruik.

Huishoudens in eengezinswoningen zouden kunnen afzien van de aankoop van een wasmachine en droger en in plaats daarvan een gebruikscontract kunnen afsluiten met een fabrikant (R1b in tabel 3.1). Dit stimuleert fabrikanten om de apparaten te blijven verbeteren, bijvoorbeeld door ze zo te ontwerpen dat ze makkelijker kunnen worden gerepareerd en gemoderniseerd door vervanging van onderdelen (wat leidt tot minder energie-, water- en wasmiddelgebruik). Dat kan onderdeel zijn van een gebruikscontract, maar ook relevant zijn voor afgedankte wasmachines en drogers in eigen bezit (respectievelijk R4 en R5 in tabel 3.1).

### 3.2.3 Circulariteitsstrategieën voor koelkasten en vriezers

Voor koelkasten en vriezers ligt delen met andere huishoudens niet voor de hand. Anders dan in Nederland echter, zijn koelkasten en vriezers in Noord- en West-Europese landen vaak inbegrepen in de huur van appartementen en huizen. Dit stelt de verhuurder in staat om oude apparaten tijdig te vervangen door nieuwe energiezuiniger apparaten. Als de verhuurder collectieve gebruikscontracten zou afsluiten met de fabrikant, in plaats van zelf eigenaar te zijn, dan zou dit de fabrikant kunnen stimuleren om de apparaten zo te ontwerpen dat reparatie en modernisering (energiezuiniger maken) tijdens gebruik mogelijk zijn door vervanging van onderdelen. Op dezelfde manier zouden eigenwoningbezitters een gebruikscontract kunnen afsluiten in plaats van hun eigen koelkast of vriezer aan te schaffen (R1b in tabel 3.1). Ook als huishoudens zelf in bezit blijven van hun apparaten, zou aangepast ontwerp reparatie en modernisering na afdanking mogelijk kunnen maken (respectievelijk R4 en R5 in tabel 3.1).

## 3.3 CE-Green Deals

De Nederlandse Rijksoverheid zet sinds 2011 'Green Deals' in om groene groei te stimuleren. Green Deals zijn afspraken tussen de Rijksoverheid en bijvoorbeeld bedrijven, maatschappelijke organisaties en andere overheden. Met deze afspraken committeert de Rijksoverheid zich om 'obstakels uit de weg te ruimen voor concrete, duurzame projecten. Die obstakels kunnen per project verschillend zijn. Als een belemmering voor een specifiek project eenmaal is weggewerkt, kunnen vele andere, vergelijkbare projecten volgen' (EZ 2011). Dat wegwerken kan bijvoorbeeld door een aanpassing van regelgeving. Gemiddeld genomen hebben de Green Deals een doorlooptijd van drie jaar (Rijksoverheid 2015).

In de periode van 2011 tot en met 2015 zijn er 180 Green Deals afgesloten. Hoewel ze niet zijn ingezet met het oog op CE-transities, heeft het ministerie van EZ 56 van deze 180 Green Deals geschaard onder de noemer circulaire economie en grondstoffen (EZ 2015). Van deze 56 hebben Ganzevles et al. (2016)<sup>2</sup> er 36 geselecteerd (CE-GD's) en geëvalueerd op hun rol als wegbereider voor een CE-transitie. Diezelfde 36 CE-GDs zijn in deze studie aanvullend geëvalueerd op de rol van innovatie en socio-institutionele verandering in relatie tot de gevolge circulariteitsstrategie in elke CE-GD. De resultaten zijn samengevat in tabel 3.3.

In alle CE-GDs, op één na (CE-GD 183), speelt recyclen (R8) een rol. In 19 CE-GDs is recyclen zelfs de enige circulariteitsstrategie, of hooguit gecombineerd met recover (R9) als lagere circulariteitsstrategie. In nog eens 2 CE-GDs is recyclen, bij 1 CE-GD samen met recover, gecombineerd met reduce (R2). Reduce gaat om materiaal- en grondstoffenefficiëntie (inclusief energie-efficiëntie) in het maken en gebruiken van producten. Reduce is een tamelijk klassieke strategie, maar ook een met relatief hoge circulariteit. In de overige 15 CE-GDs worden ook circulariteitsstrategieën hoger dan recycling (R8) en anders dan reduce (R2) geambieerd. In de uitwerking zijn ze regelmatig echter weinig expliciet over hoe tot die

<sup>2</sup> Delen van deze en bovenstaande alinea zijn overgenomen van Ganzevles et al. (2016).

**Tabel 3.3: Circulariteitsstrategieën, socio-institutionele veranderingen en innovatie voor Green Deals**

No.	Werktitel Green Deal: omschrijving	Circulariteit	KT	HT	PO	VM	SI
2	Biomassastromen (platform agro-papier-chemie): Voor 2014 gezamenlijk opstellen van ten minste zes nieuwe businesscases voor valoriseren biomassa- en reststromen door biorefining	R8	D				A
6	Energiebesparing afvalverwerking: Bereiken van meer recycling en energiebesparing door: 1) Uitvoeren maatschappelijke kosten-batenanalyse als opmaat naar meerjarenafspraak, 2) Realiseren vergassingsinstallatie voor verwerking sorteerrisidu met restwarmtelevering aan woonwijk en 3) Realiseren vergistingsinstallatie voor afvalverwerking tot groen gas	R2, R8-9					
11	Duurzame verwerking tapijstroom: Gescheiden inzamelen tapijstroom via milieustraten, inzetten als brandstof voor cementindustrie en, indien mogelijk, recycling tot hoogwaardig materiaal	R8-9	A				
27	Duurzame warmte uit biomassa: Streven naar een energieneutraal paddenstoelenbedrijf door gebruikt substraat champignonenteelt in te zetten voor energieopwekking, en nutriëntenterugwinning uit as door de kunstmestindustrie	R8-9	A				
28	Gescheiden afvalinzameling: Bouw van website voor consumenten met inzamelpunten overtollige materialen/spullen	R8					
30	Verduurzaming betonketen: Verduurzaming van hele betonketen, van biodiversiteit en grindwinning tot besparing energie en grondstoffen betonproductie en hergebruik en bijmenging sloop-beton. Ook verduurzaming van ontwerp en logistiek	R2-R8?			D		D
41	Biobased park Westland: Oprichten van Biobased park waarin bedrijven door industriële symbiose plantaardig restmateriaal valoriseren in hoogwaardige inhoudsstoffen zoals vezels, biociden, vruchtensappen en groen gas	R8	A				D
57	Unie van waterschappen: Realiseren grootschalige energiefabrieken die biogas, groene stroom en duurzame warmte opwekken en terugwinnen nutriënten/grondstoffen	R8-9					A?
76	Verduurzaming nuttige toepassing AEC-bodemassen: Investering Afval-Energie-Centrales in duurzame, nuttige toepassing AEC-bodemas in gehele keten en meewerken aan ontwikkeling initiatieven en communicatie daarover	R8					A
81	Alternatieve grondstoffen voor papierproductie: Industriële pilots met alternatieve grondstoffen voor papier-/kartonproductie	R8	A				
87	Duurzame geleiderail: Impuls geven aan toepassen gerenoveerde geleiderail (vangrail) om voor bevorderen hergebruik	R5, R8					
92	Insecten voor feed, food en farma: Grootschalige insectenkweek op reststromen als bulkgrondstof in feed en food	R2, R8					D
94	Duurzame digestaatverwerking en eiwitproductie voor de veestapel: Bedrijf Franico wil eendenkroos, geteeld op digestaat uit de vergister van de eigen maatschap, kunnen benutten als eiwitbron in diervoeders en voor biogasproductie	R8-9					A?
96	De winst van paardenmest: Equfec, Stichting iNSnet, Staal Agritech en Paard&Zo willen bouwen aan een installatie die paardenmest en strooisel kan drogen en pelleteren	R8-9	A				A?
109	Duurzaamheidslabel voor de buitenruimte: Ontwikkeling NL Label, gestandaardiseerde methode voor integrale duurzaamheidsbeoordeling producten en materialen in buitenruimte (van verhardings- en plantmaterialen tot straatmeubilair)	R2-R8?			D?		D?
114	Natural plastics BV: Nieuwe plantmethode voor bomen: plantankers van afbreekbare bioplastics in plaats van boompalen	R1, R8					D?
116	Nova lignum: Bouwmaterialen zoals muurplaten, uit restmateriaal zoals auberginestengels uit glastuinbouw	R8-9					A
117	Kamer van Koophandel Noord-Nederland (gebruik groene materialen): Inventariseren en wegnemen knelpunten voor de ontwikkeling van een biobased economy en opzetten van een experimenteerzone in de regio Veenkoloniën-Eemdelta	R8-9					A
131	Turntoo: Inkoopexperiment voor leren over 'performance based contracting' en wettelijke/bestuurlijke belemmeringen zijn	R1-R8?				D	D
142	Duurzame inzameling textiel: 50 procent Minder textiel in restafval in 2015 ten opzichte van 2011 door bevorderen gescheiden inzameling	R3, R8					A
147	Inzameling, milieuvriendelijke demontage en recycling van brom- en snorfietsen: Inzamelen en demonteren afgedankte brom- en snorfietsen voor recyclen van bromen snorfietsen	R8					
149	Aanpak duurzame grond-weg-waterbouw: Organisaties in spoor- en GWW-sector ontwikkelden in 2009 tot 2012 een aanpak voor duurzaam inkopen in de GWW-sector en betere benutting kansen voor duurzaamheid en innovatie. De aanpak Duurzaam GWW is nu zo ver ontwikkeld dat de partijen die kunnen implementeren, verder verspreiden en doorontwikkelen	R2-R8?			D?		D

No.	Werktitel Green Deal: omschrijving	Circulariteit	KT	HT	PO	VM	SI
156	Nederland hotspot voor CE: Versnellen transitie naar CE door opschaalbare circulaire projecten uit te voeren. Door de realisatie van synergie tussen bedrijfsprojecten, het maken van overkoepelende sector- en regionale analyses en het beleid gericht op Groene Groei kan Nederland zich als wereldwijde hotspot in de circulaire economie positioneren	R1-R8?					D
157	Productie bioplastics uit GFT: Partijen willen GFT-inzameling verduurzamen en hoogwaardige GFT-verwerkingsoptie ontwikkelen door samenwerking in onderzoek naar productie van de bioplastic PHA (Poly Hydroxy Alkanoaat) uit GFT, en realisatie van pilotinstallatie voor PHA-productie in 2014, en het maken van GFT-inzamelzakjes voor gemeente Venlo	R8	A				
158	Fair meter: Bij productie minimaal gebruik maken van nieuwe, duurzaam en verantwoord gewonnen grondstoffen ('Fair'), en vooral inzet gerecyclede en recyclebare materialen, zodat in 2020 elke uitgeleverde meter voor meer dan 98% bestaat uit gerecyclede materialen en is 'designed for re-use'. Start met gecontroleerd experiment van minstens 1.000 Fair Meters	R5, R8			A?		
159	Circulair inkopen: Bijdragen aan realiseren CE met inkoopinstrument doordat inkoopende organisaties in 2014 ieder minimaal twee Circulaire Inkoop trajecten starten en kennis en ervaring hierover actief delen met 'inkopend Nederland' (gefaciliteerd door PIANOo, NEVI, MVO Nederland en Circle Economy). Integratie inkoopprocessen deelnemers waar mogelijk	R1-R8				D?	D
160	Grassen en gewassen: Ontwikkelen businesscases en marktopbouw biobased producten uit grassen en gewassen	R8	D?				D
166	Scheepsafvalketen: Verdere verontreiniging van zeeën en oceanen door drijvend plastic zwerfafval tegengaan. Door preventie, scheiding en recycling van plastic, verbeteren van het toezicht én harmonisatie van afvalafgifte in havens, willen partijen bijdragen aan het sluiten van de kunststofkringloop	R0-R8					D
168	Cirkelstad: Ondersteunen transitie naar circulaire en inclusieve economie voor materiaalkringlopen in bouwsector door realisatie in minimaal vijf andere steden van vergelijkbare 'Rotterdamse' aanpak van projectuitvoering (nieuwbouw, verbouw, renovatie) en het borgen van praktijkervaringen waarbij de betrokken partijen samenwerken	R8					D
170	Take back chemicals: In praktijk tot uitvoering brengen van innovatieve bedrijfsmodellen die duurzaam en efficiënt gebruik en hergebruik van chemische stoffen en materialen bewerkstelligen. Wegnemen belemmeringen die hierbij ervaren worden	R2, R3, R8				D	D
171	Visserij voor een schone zee: Verminderen van afvalhoeveelheid in zee door de visserijsector. De hele afvalketen van de visserij werkt mee om afval gescheiden aan boord en in Nederlandse havens op te slaan, en zo veel mogelijk te recyclen	R8					D
174	Grondstoffen unie van waterschappen: Stimuleren, versnellen en waar mogelijk opschalen van (terug)winning van grondstoffen uit rioolwater stimuleren. Partijen streven naar realisatie van pilot- en demonstratieprojecten en richten zich in eerste instantie op de productie en levering van fosfaat, cellulose, bioplastics, alginaat en CO <sub>2</sub>	R8	A				
178	Circulaire gebouwen: Circulaire gebouwenmerken in gebouwspaspoort vastleggen voor bewerkstelligen minimaal gebruik en hergebruik van materialen en producten bij ontwerp en exploitatie bedrijfsgebouwen door materiaal- en productkeuze, en levensduurverlenging middels maximaal aanpasbaar maken van gebruiksfunctie van gebouwen	R1-8				D?	D
180	Afvalreductie en -recycling op treinstations en in treinen: Beperken afval in stations en treinen (van 12.000 in 2014 naar 9.000 ton in 2020) en behalen minstens 75 procent afvalrecycling door minder en beter recyclebare verpakkingen (NS en winkeliers op stations), plaatsing nieuwe afvalvoorzieningen (ProRail), en stimulering reizigers om afval te scheiden	R0, R8					A
183	Autodelen: Naar 100.000 deelauto's in 2018 (invulling eerdere doelstelling SER-energieakkoord duurzame groei), waarmee autodelen en deeleconomie uit kinderschoenen halen, en groeikansen beter benutten door aanbieders mobiliteit middels vergroten zichtbaarheid, kennis uit te wisselen en ervaring opdoen in pilots, van elkaar te leren en betere afstemming	R1				D	D
184	Verbetering Afvalbeheer Caribisch Nederland: Afvalbeheer verbeteren op Bonaire, Sint Eustatius en Saba (BES-eilanden) door in kaart brengen afval daar (hoeveelheid, kwaliteit, herkomst) als opstap naar beter (na)gescheiden afvalstromen, en creëren kennisplatform voor versterking Eilandbesturen door leren kennen functie en belangenorganisaties in afvalbranche	R8					A

Socio-institutioneel (SI), kerntechnologie (KT), hulptechnologie (HT), productontwerp (PO) en verdienmodel (VM) (D=dominant, A=aanwezig; ondergeschikt aangegeven door lege cel).

hogere circulariteit moet worden gekomen (aangegeven door een vraagteken achter de toegekende circulariteitsstrategieën in tabel 3.3).

Opvallend is dat in het merendeel van de CE-GDs innovatie ondergeschikt is (aangegeven door een blanco cel in tabel 3.3). Bij 7 GDs is aanpassing van bestaande technologische innovatie duidelijk aanwezig, hetgeen in alle gevallen gekoppeld is aan recyclen. In slechts twee CE-GDs speelt (radicale) technologische innovatie (mogelijk) een dominante rol (CE-GD 2 en 160). Ook nauwelijks voorkomend is dominante (radicale) en aanwezige (incrementele) innovatie in productontwerp (CE-GD 30, 109, 149, 158 en 157) en verdienmodel (CE-GD 131, 159, 170 en 183). Dat heeft ermee te maken dat de meeste CE-GDs over recyclen gaan, en gerecycled materiaal in beginsel in een product met gelijkblijvend ontwerp kan worden gebruikt en volgens een regulier verdienmodel kan worden verkocht.

Socio-institutionele verandering komt vaker voor en is in 16 CE-GDs (mogelijk) dominant en in 10 CE-GDs (mogelijk) aanwezig. Deze veranderingen hebben meestal betrekking op de bedrijfskolom, maar in een aantal gevallen ook op consumenten. Binnen de bedrijfskolom gaat het deels om samenwerking tussen ketenactoren, deels om acceptatie door bedrijven van (nieuwe) materialen of producten uit nieuwe grondstoffen of reststromen, deels om belemmeringen in wet- en regelgeving.

### 3.4 CE-Best Practices

Binnen MVO Nederland<sup>3</sup> en De Groene Zaak<sup>4</sup> is veel aandacht voor de circulaire economie, en als gezamenlijk initiatief hebben ze een website opgezet met CE-Best Practices (CE-BPs) (zie <http://bestpractices.circulairondernemen.nl/>). Bedrijven kunnen zich letterlijk op de Nederlandse kaart laten zetten door zelf hun CE-initiatief als CE-BP aan te melden. De CE-BPs op deze website zijn geëvalueerd op de rol van innovatie en socio-institutionele verandering in relatie tot de gevolgde circulariteitsstrategie in elke CE-BP. De resultaten zijn samengevat in tabel 3.4.

Ook bij de CE-BPs valt de nadrukkelijke aanwezigheid van recyclen als circulariteitsstrategie op. Recyclen speelt een rol in 25 van de 32 CE-BPs. Opvallend is dat recycling bij de CE-BPs zelfs iets vaker een nevenschikte rol speelt (16 van de 32 CE-BPs) dan bij de CE-GDs (15 van de 36 CE-GDs). In 5 CE-BPs speelt recyclen echter geen enkele rol (slechts 1 bij de CE-GDs). In het algemeen zijn de CE-BPs dus iets ambitieuzer dan de CE-GDs. Waarschijnlijk spelen innovatie en socio-institutionele verandering daarom ook een grotere rol in de CE-BPs (25 van de 32 CE-BPs) dan in de CE-GDs (24 van de 36 CE-GDs).

Radicale (dominante) technologische innovatie speelt slechts in 2 CE-BPs mogelijk een rol (CE-BP 25 & 28), maar duidelijk aanwezige (incrementele) technologische innovatie komt vaker voor, namelijk bij 10 CE-BPs. Net als bij de CE-GDs, gaat het hierbij in alle gevallen om het recyclen van reststromen. Radicale en incrementele innovatie komt 8 keer voor bij productontwerp, en 13 keer voor bij verdienmodel. Waarschijnlijk komen beide vaker voor in de CE-BPs dan in de CE-GDs, omdat er meer CE-BPs zijn met een hogere circulariteitsambitie. Hetzelfde geldt voor socio-institutionele verandering, die het vaakst voorkomt (in 25 CE-BPs).

<sup>3</sup> MVO Nederland is in 2004 opgericht door het ministerie van EZ als nationale kennis- en netwerkorganisatie voor maatschappelijk verantwoord ondernemen (MVO).

<sup>4</sup> De Groene Zaak is een ondernemingsvereniging die verduurzaming van de Nederlandse economie wil versnellen.

**Tabel 3.4: Circulariteitsstrategieën, socio-institutionele veranderingen en innovatie Best Practices**

No.	Werktitel Best Practices: omschrijving	Circulariteit	KT	HT	PO	VM	SI
1	Moonen Packaging heeft een wegwerpbeker van papier uit suikerrietafval ontwikkeld, in combinatie met het inzamelsysteem Stack-it, en verwerking van de gebruikte wegwerpbekers door vergisting tot compost en biogas	R8	A				D
2	BB Bricks laat eigen gerecycled plastic door reguliere plasticproducent in eigen mal spuitgieten tot modulaire bouwstenen voor meubilair en dergelijke. Medewerking producent en juiste temperatuur lastig. Leasen en retoursysteem mogelijk	R3, R8	A?		D	A	D
3	Van Houtum verkoopt toilet oplossingen van gerecycled materiaal, zoals dispenser uit gerecycled plastic en toilet papier uit laagwaardig papierafval (dranketiketten en -verpakkingen, prijsstickers enzovoort). Op dispensers zit retoursysteem	R8	A				D
4	MUD Jeans geeft spijkerbroeken in betaalde bruikleen. Terugontvangen jeans worden opgewerkt tot vintage jeans, of anders gerecycled (de jeans bestaan uit 100 procent biokatoen; dat wil zeggen geen leren maatlabel of elasthan )	R1, R3, R4, R5, R8			A?	D	D
5	Kromkommer is een initiatief om groenten met schoonheidsfoutjes en overtollige groenten tot houdbare producten te verwerken (zoals al ontwikkelde soepen), en daarmee een omslag teweeg te brengen bij de weerbarstige bedrijfskolom en klanten om voedselverspilling tegen te gaan	R8					D
6	Repurpose is een ingenieursbureau dat het hergebruik van bouwmaterialen wil stimuleren door in opdracht aanbieders (slopers) en afnemers (bouwers) van gebruikte bouwmaterialen bij elkaar te brengen	R6-R8					D
7	Vitens, een waterzuiveringsbedrijf, heeft technologie ontwikkeld om humuszuur uit grondwater te halen (ontkleuring), en verkoopt het vloeibare humuszuur als bodemverbeteraar. De verkregen hoeveelheid vloeibaar humuszuur is voldoende om te voorzien in de totale afname in de Benelux die nu bestaat uit Amerikaans vast humuszuur uit steenkool gewonnen	R8	A				A
8	Stichting Recover-E, initiatief van RHDHV en SISO, wil de computerketen sluiten (optimaliseren) door gebruikte computers af te nemen van (niet makkelijk te overtuigen) grote organisaties, deze op te knappen en een nieuw leven te geven middels gebruikscontracten waardoor afgedankte computers weer bij Recover-E terugkomen	R4-R6, R8				D	D
9	Fietsfabriek Roetz Bikes werkt oude OV-fietsen door demontage, screening, schoonmaken, repareren, lakken op tot nieuwe fietsen (bestaande uit 70 procent oude materialen). Het werk gebeurt grotendeels in sociale werkplaatsen	R6					
10	Ricoh, een bedrijf in kantoorautomatisering, verkoopt onder andere gebruikscontracten (inclusief beheer en onderhoud) voor multifunctionele kopieerapparaten en printers. Gebruikte apparaten worden opgeknapt, in onderdelen hergebruikt of gerecycled. Gebruikscontracten zijn al langere tijd gangbaar in deze sector	R3-R4, R6, R8					
11	Waste2Wear maakt hoogwaardige bedrijfskleding van 100 procent polyester uit gerecyclede petflessen), en werkt samen met en betaalt mee aan een programma van de Ocean Recovery Alliance om het milieubewustzijn en de leefomstandigheden van vissers te verbeteren door te betalen voor door hun uit zee 'opgevist' plastic	R8	A?				D
12	Meerlanden: Afvalverwerker die groente-, fruit- en tuinafval vergist, en daarmee warmte, CO <sub>2</sub> en compost voor tuinbouw, water voor veewagens en groengas voor voertuigen (genoeg voor alle vuilniswagens in Meerlanden) levert	R8					
13	Modulo ontwerpt, bouwt en beheert milieustraten die dankzij hun circulaire design verplaatst of aangepast kunnen worden (gemiddeld elke 9 jaar door gemeentelijke herindeling, verandering in wetgeving enzovoort)	R3, R5			D	A	D
14	Black Bear haalt carbon black, zwart onvolledig verbrandde roet (onder andere kleur- en vulstof), uit oude autobanden voor recycling in nieuwe autobanden of andere toepassingen. Als bijproducten ontstaan staal, gas en olie. Afzet van gerecycled carbon black is langzaam door langzame marktadoptie (er is geen weerstand tegen het product)	R8	A?				
15	Green mobile is een initiatief van telecombedrijf Telga om gebruikte telefoons, tegen vergoeding ingenomen, op te werken voor nieuw gebruik om zodoende het bestaande marktaandeel van 13 naar 20 procent uit te breiden	R5-R6, R8					D
15	Ecover maakt een afwasmiddelfles van plastic 'opgevist' uit de oceaan en Amsterdamse grachten. Technologie hiervoor is binnen bedrijf ontwikkeld. De keten blijkt lastig om op te zetten. Bewustwording is een belangrijk doel van het project	R8	A				D
17	Rotterzwam heeft oesterzwammenkweek op koffiedik ontwikkeld (bepaling juiste kweekomstandigheden), en kweekt nu oesterzwammen op lokaal opgehaald koffiedik, en verkoopt deze ook lokaal. Daarnaast worden kweeksets gemaakt en verkocht, en soortelijke initiatieven elders gestimuleerd door trainingen en informatieoverdracht	R8	A?				A?
18	Herso meubelmakerij maakt meubels uit afvalhout. Gebruikscontract voor meubels	R8				D	

No.	Werktitel Best Practices: omschrijving	Circulariteit	KT	HT	PO	VM	SI
19	ACE Reuse Technology BV remanufactured bestaande elektro mechanische aandrijvingen voor hergebruik in dezelfde functie	R6				D?	
20	Dutch aWAREness is een bedrijf van modeontwerper Rien Otto die bedrijfskleding uit 100 procent (gerecycled) polyester maakt (tot 8x recycling), en via een track-and-trace systeem de hele keten in kaart brengt en aan circulaire principes houdt. De kleding komt terug via een retoursysteem	R8		A		D	D
21	EnvelopeBook maakt notitieboekjes en kantoorpapier door recycling van gebruikt briefpapier en enveloppen, en ongebruikte restpartijen (bijv. gekregen na een huisstijlwisseling). Bedrijven die een restpartij aanleveren worden bedankt op de EnvelopeBook website, en kunnen ervoor kiezen 'hun' papier opnieuw af te nemen	R8				A?	A
22	Fungi Town kweekt, net als Rotterzwam, oesterzwammen en shitaki op koffiedik. In de toekomst resterend substraat ook gebruiken (bijvoorbeeld opwerken tot terra preta ). Dit initiatief ligt momenteel stil	R8	A?				A?
23	Gispen, in overleg met de klant kantoorinrichting, ontwerpt refurbishing van oud meubilair, of modulair nieuw meubilair. Verschillende verdienmodellen zijn mogelijk, ook betaalde bruikleen, maar in alle verdienmodellen gaan gebruikte meubelen in beginsel terug naar Gispen voor hergebruik of recycling. Gispen ziet geen belemmering hiervoor klanten te vinden	R5, R8			D	D	A
24	Stichting InStock haalt in Amsterdam voedsel met schoonheidsfoutjes en voedsel tegen de houdbaarheidsdatum op bij Albert Heijn en maakt en verkoopt uit die voorraad maaltijden in een restaurant en toko, en vanuit een truck. Hiermee wil de stichting een omslag teweegbrengen bij de weerbarstige bedrijfskolom en klanten om voedselverspilling tegen te gaan	R8					D
25	Interface is wereldwijd marktleidende producent van tapijttegels die tapijt garens uit castorbonen en oude visnetten maakt, en gebruikscontracten voor deze tapijttegels verkoopt (inclusief onderhoud en terugname van gebruikte tapijttegels). Gebruikte tapijttegels worden schoongemaakt voor een nieuw gebruikscontract. Ook recycling van garens tot garens	R2-R4, R6-R8	D?			D	D
26	LENA The Fashion Library geeft exclusieve kleding van jonge ontwerpers of van abonnees in bruikleen aan (andere) abonnees. Hierdoor wordt kleding meer gedragen (in plaats van in de kledingkast te blijven hangen). Voor het leensysteem is een speciale software ontwikkeld. Ambitie is een uitleenhoek in kledingzaken	R1		A		D	D
27	Mijn Waterfabriek maakt en verkoopt systemen voor waterneutraal maken van gebouwen door 1) waterbesparing, 2) gebruik van regenwater en 3) hergebruik van afvalwater	R2, R8			A?		D
28	Koffiebranderij Peeze heeft samen met Advanced Technology Innovations, als alternatief voor die van Nespresso, koffiecups van polymelkzuur uit suikerbietafval ontwikkeld (thermostabiel polymelkzuur, spuitgieten van de cups in drie lagen, en penetreerbare afsluitfolie uit drie lagen). Polymelkzuur is biobased en industrieel composteerbaar	R8	D?				
29	Pelican House biedt gebruikscontracten voor modulaire en goede kwaliteit koptelefoons, en stuurt vervangende onderdelen als een koptelefoon kapot gaat. Dit initiatief is in een pilotfase. Pelican House repareert kapotte koptelefoons (nog) niet zelf, maar zorgt wel voor recycling van afgedankte koptelefoons. De koptelefoons worden geproduceerd in China	R4, R5, R6			D	D	D
30	Philips heeft samen met Tunrtoo het pay-per-lux concept voor verkoop van lichtprestatie in plaats van armaturen en lampen middels een gebruikscontract, inclusief beheer en onderhoud. Het gebruikscontract stimuleert Philips in de ontwikkeling van energie- en milieuefficiënte verlichting	R4, R5, R8			D	D	D
31	Slimbreker heeft een technologie ontwikkeld om via slim breken schoon cement uit beton te halen. Dit cement kan in principe worden gebruikt om weer nieuw beton te maken, maar de keten werkt hierin niet erg mee	R8	A				D
32	Weder ontwerpt in opdracht van bedrijven een tweede leven voor refurbished oud meubilair. Weder gaat op zoek naar het oude meubilair, en materialen en technieken voor upgradering ervan. Voor de uitvoering van het herontwerp wordt samengewerkt met gespecialiseerde bedrijven en ook met onder andere praktijkscholen	R5, R8			D		A

Socio-institutioneel (SI), kerntechnologie (KT), hulptechnologie (HT), productontwerp (PO) en verdienmodel (VM) (D=dominant, A=aanwezig; ondergeschikt aangegeven door lege cel).



# 4 Discussie

## 4.1 CE-transities en innovatie

De evaluatie van de hypothetische en bedrijfscases in deze studie is gebaseerd op beschikbare informatie en de gezamenlijke expertise van de auteurs. Daarmee bevat de scoring van de cases een zekere subjectiviteit, maar geeft desalniettemin relevante informatie. De resultaten laten zien dat socio-institutionele verandering een grotere uitdaging is dan technologische innovatie. Radicaal technologische innovatie speelt zelfs maar een zeer beperkte rol in de geëvalueerde cases. Dit onderstreept, zoals in paragraaf 2.3 aangegeven, dat CE-transities anders zijn dan de meeste andere duurzaamheidstransities waarin regelmatig radicaal technologische innovatie centraal staat, maar circulair gebruik van grondstoffen geen rol hoeft te spelen. Kenmerkend voor alle drie type CE-transities is een verandering in innovatierichting van lineair naar circulaire gebruik van grondstoffen.

Grote technologische veranderingen kunnen CE-transities natuurlijk wel beïnvloeden. Zo zal de opkomst van 3D-printing grote gevolgen hebben voor waar en in welke mate materialen worden gebruikt. De steeds verdergaande miniaturisering van ICT-componenten, met steeds compactere en multifunctionele apparaten tot gevolg, leiden wellicht tot grotere materiaalefficiëntie, maar kunnen ook invloed hebben op de praktijk van recycling. Deze trends zijn dus geen gevolg van doelbewuste CE-transities, maar ontstaan vanuit andere motieven. Bij 3D-printing zijn dat het personaliseren van producten, minder voorraadkosten voor bedrijven en sneller experimenteren met nieuwe producten. Bij miniaturisering speelt een lager energiegebruik of snellere rekenkracht.

Elke grote verandering in de bestaande industriestructuur kan, afhankelijk van de manier waarop deze wordt ingericht, een positief of een negatief effect hebben op de CE-transitie in productketens. Zo had de pc in een kantooromgeving kunnen leiden tot een 'papierloos kantoor', maar leidde die in eerste instantie juist alleen maar tot een intensiever gebruik van papier. Ledtechnologie in beeldschermen is ideaal voor het ontwerpen van schermen met een lager energiegebruik, maar de trend is vervolgens verschoven naar het ontwerpen van steeds grotere schermen. Momenteel worden buitenreclameborden vervangen door metersgrote ledschermen. Kortom, nieuwe technologie met een potentieel positieve invloed op een circulaire economie hoeft niet per se op deze manier te worden ingezet. De huidige innovatie- en ontwerprichting is nog niet gericht op circulariteit en minimale milieudruk.

## 4.2 CE-indicatoren

Het EEA (2016b) heeft vragen geformuleerd om de voortgang richting een circulaire economie te meten op nationaal niveau. Deze vragen hebben vooral betrekking op circulariteit (grondstoffen- en materiaalgebruik, en afvalverwerking). Het EEA gaat slechts beperkt in op het meten van de rest van het CE-transitieproces (middelen en activiteiten), en andere effecten (milieu en economie). Voortbouwend op het EEA (2016b), presenteren we in deze studie diagnostische vragen om de voortgang van CE-transities in afzonderlijke productketens te meten. Deze diagnostische vragen kunnen worden gebruikt voor het meten van het CE-transitieproces, alsook van de gevolgen daarvan op circulariteit, milieu en economie (CE-effecten).

De in deze studie gebruikte diagnostische vragen zijn vooral gebaseerd op Hekkert en De Boer (2011). Voor zover bekend bestaan er geen standaard vragen- ofwel indicatorensets voor het meten van CE-transitieprocessen. Uit een evaluatie door Ganzevles et al. (2016) van CE-Green Deals blijkt dat het CE-transitieproces in deze Green Deals ad hoc wordt gemeten. Per CE-Green Deal wordt afgesproken welke indicatoren worden gemonitord en deze kunnen sterk verschillen tussen CE-Green Deals. Het zou goed zijn als de overheid een protocol zou ontwikkelen voor het meten van CE-transitieprocessen. Hiermee kan het CE-transitieproces niet alleen per productketen, maar ook op nationaal niveau in beeld worden gebracht.

Voor het meten van de effecten van een CE-transitie op circulariteit, milieu en economie zijn wel al veel meetinstrumenten en indicatoren beschikbaar (zie bijvoorbeeld MVO-Nederland 2015, RIVM 2016, CBS et al. 2014 en EEA 2016a). We stellen voor om in elk geval te focussen op het van-wieg-tot-graf materiaalgebruik voor circulariteit en energieverbruik als proxy voor andere milieueffecten in de productketen, en energieverbruik voor het recycleproces.

Verschillende studies laten zien dat van-wieg-tot-graf energieverbruik een goede proxy is voor milieueffecten (Huijbregts et al. 2006; Pascual-González 2016). Dit komt omdat verbranding van fossiele energiedragers in veel productketens een dominante bijdrage levert aan deze andere milieueffecten. Een toename van het aandeel hernieuwbare bronnen in de energiemix zal van-wieg-tot-graf energieverbruik tot een minder goede proxy maken. Het aandeel niet-fossiele energiebronnen in de Nederlandse energiemix is nu echter nog erg laag. Op termijn zal dit stijgen in navolging van nationaal en Europees beleid om de klimaatdoelstellingen te realiseren zoals vastgelegd in Parijs in november 2015.

We pleiten ervoor om het materiaal- en energieverbruik in fysieke eenheden per producteenheid en op sectorniveau te meten. Uit eerder onderzoek naar de energie-intensiteit van materiaalproductie (zie bijvoorbeeld Farla et al. 2000; Worrell et al. 1997) blijkt dat fysieke eenheden een beter beeld geven van de ontwikkelingen dan financiële eenheden, omdat deze laatste sterk worden beïnvloed door marktprijsontwikkelingen, en daarom geen relatie hebben met de daadwerkelijke materiaalstroom en milieu-impact.

De diagnostische vragen in deze studie kunnen worden gebruikt voor het ex ante, ex durante en ex post meten van het CE-transitieproces en de effecten daarvan op circulariteit, milieu en economie (CE-effecten). Voor het monitoren van de voortgang van CE-transities in productketens ligt ex durante en ex post meten meer voor de hand, maar ook het ex ante meten is relevant om te verkennen of voorgenomen CE-transities inderdaad potentie hebben om tot de beoogde CE-effecten te leiden. Ganzevles et al. (2016) laten zien dat er meestal geen ex ante evaluatie plaatsvindt bij het afsluiten van CE-Green Deals. Uit een analyse van vijf door Ganzevles et al. geselecteerde CE-Green Deals blijkt echter dat het meer circulair maken van de productketens in deze CE-Green Deals niet altijd leidt tot minder circulariteit in andere productketens.

In deze studie ligt de nadruk op het identificeren van wát er moet worden gemeten voor de CE-transitie in productketens. Het zou goed zijn in een volgende stap in detail uit te werken hóe er moet worden gemeten. Door toepassing hiervan op een aantal productketens, kan dan worden geëvalueerd of de betreffende informatie in de praktijk beschikbaar is, en wat de kwaliteit ervan is.

### 4.3 CE-voortgang in Nederland en internationaal

Zowel volgens het nationale beleidsprogramma *Van Afval Naar Grondstof* (IenM 2013) als het *EU-actieplan voor een circulaire economie* van de Europese Commissie (EC 2015) is het belangrijk om de voortgang van CE-transities te meten. De Europese Commissie wil hiertoe

een meetkader ontwikkelen, samen met de European Environmental Agency (EEA) en in overleg met de lidstaten (EC 2015). Het Europees milieubureau (EEA 2016b) geeft al een goede aanzet voor een dergelijk meetkader met het identificeren van relevante vragen die spelen rondom grondstoffen en materialen op nationaal niveau. In deze studie richten we ons op het meten van de voortgang van CE-transities in afzonderlijke productketens, waarbij we in aanvulling op de vragen van het EEA (2016b) nadrukkelijk ook vragen over het CE-transitieproces en de effecten ervan op milieu en economie hebben opgenomen. Daarmee beogen we input te geven aan het aangekondigde overkoepelende CE-programma, en aan het op handen zijnde CE-advies van de Sociaal-Economische Raad (SER). In beide documenten, die naar verwachting medio 2016 zullen verschijnen, speelt de vraag naar het meten van de voortgang richting een circulaire economie.

Voor het meten van die voortgang, gericht op nationaal niveau dan wel op afzonderlijke productketens, is het goed te realiseren dat er verschillende fasen zijn in een CE-transitie. De twee uitersten zijn aangegeven in figuur 1.1, en figuur 2.1 geeft meer detaillering, met een prioriteitsvolgorde in circulariteitsstrategieën tussen deze twee uitersten. Zowel tussen productgroepen, alsook op nationaal niveau bestaan er tussen landen grote verschillen in waar ze staan met hun CE-transitie. Sommige Europese economieën, vooral in Oost-Europa, zijn nog behoorlijk lineair. Door de economische situatie in deze landen worden producten misschien wel langer dan in West-Europese landen gebruikt, maar veel materialen verlaten daar door directe afdanking van gebruikte producten toch relatief snel de keten als afval op een stortplaats (CBS 2015). In andere Europese economieën vindt inmiddels wel al de nodige recycling plaats.

In verschillende fasen en op verschillende circulariteitsniveaus kan een ander belang worden gehecht aan de informatie waarover we in deze studie vragen presenteren. In een nog vrijwel geheel lineaire economie is het van belang om de hoeveelheid afval terug te brengen; daarvoor is (hoogwaardige) recycling een mogelijkheid (R8 in figuur 2.1). Ook nog steeds beter dan het storten van afval is verbranding of vergisting met energierugwinning. Daarnaast is het voor nieuwe producten zinvol in te zetten op het slimmer maken en gebruiken ervan (R0-R3 in figuur 2.1), of hun levensduur te verlengen (R4-R7 in figuur 2.1). In een situatie waarin al veel wordt gerecycled, is het interessant te kijken of de gerecyclede materiaalstromen hoogwaardiger kunnen worden ingezet. Voor nieuwe producten staan deze landen ook nadrukkelijk voor de uitdaging om anders om te gaan met producten en de levensduur hiervan te verlengen.

Bijna alle geëvalueerde praktijkcases – 36 CE-Green Deals (CE-GDs) (Ganzevles et al. 2016) en 32 CE-Best Practices (CE-BPs) – hebben als doel meer te gaan recycelen. Binnen veel cases, vooral de Best Practices, worden overigens ook andere circulariteitsstrategieën gevolgd. De nadrukkelijke rol van recycling is niettemin opmerkelijk. Zolang het om hoogwaardige recycling gaat, waarin het gerecyclede materiaal dus zijn oorspronkelijke kwaliteit behoudt, is dat een mogelijke strategie. Ook het 'upcyclen' van biomassa-afval tot bruikbare producten is mogelijk. Voor een verdergaande CE-transitie echter, met substantieel minder grondstoffengebruik en afvalproductie, ligt de voorkeur bij strategieën met een hogere circulariteit. Tenslotte zit recycelen, vooral als het om laagwaardige recycling gaat, nog relatief dicht tegen een lineaire economie aan. Naast het sturen op minder grondstoffenverbruik en afvalproductie, zijn ook minder milieudruk (inclusief meer toegevoegde waarde voor ecologie), en meer toegevoegde waarde voor de economie van belang voor een circulaire economie. Vooral het laatste geeft een belangrijke verklaring voor het enthousiasme voor een circulaire economie bij bedrijven.

## 4.4 Draagvlak voor CE-indicatoren

In dit rapport is een denkkader ontwikkeld voor het meten van de voortgang van CE-transities in productketens, is dit denkkader toegepast op een groot aantal cases waarin CE-transities in productketens centraal staan, en is op basis daarvan een set van generieke vragen gepresenteerd voor het meten van de voortgang van CE-transities in productketens. Het ministerie van IenM heeft om deze input gevraagd, omdat het richting de Tweede Kamer moet rapporteren over de voortgang van de transitie naar een circulaire economie in het kader van het beleidsprogramma VANG. Dit blijft relevant met het aangekondigde rijksbreed CE-programma dat medio 2016 zal worden gepubliceerd.

Aan een beperkt aantal CE-beleidsmedewerkers van de ministeries van IenM en EZ, en van Rijkswaterstaat (zie colofon) is gevraagd feedback te geven op het ontwikkelde denkkader, de toepassing ervan, en op de vastgestelde diagnostische vragen. De Sociaal-Economische Raad heeft in 2010 het advies *Meer werken aan duurzame groei* uitgebracht (SER 2010). In dit advies wordt aandacht besteed aan duurzaamheidsindicatoren. De SER benadrukt dat 'draagvlak voor geaggregeerde duurzaamheidsindicatoren vraagt om politieke acceptatie van de procedure van totstandkoming'. Politieke acceptatie is in beginsel een afgeleide van maatschappelijke acceptatie. De literatuur leert dat acceptatie door maatschappelijke belanghebbenden van de resultaten van beleidsonderzoek, zoals in deze studie essentieel is voor succesvol gebruik van die resultaten in een beleidsproces. Voor acceptatie moet worden voldaan aan de volgende drie voorwaarden (Kunseler et al. 2015):

- Legitimiteit: belanghebbenden moeten het gevoel hebben dat ze inbreng hebben kunnen geven aan het beleidsonderzoek, en dat het proces hiervoor transparant en eerlijk verloopt.
- Relevantie: het beleidsonderzoek moet aansluiten op de behoeften van alle belanghebbenden in termen van hun specifieke activiteiten en belangen.
- Geloofwaardigheid: Belanghebbenden moeten de wetenschappelijke kwaliteit en validiteit erkennen van het beleidsonderzoek en de daaruit voortkomende resultaten.

Voor zowel de voorwaarden van legitimiteit als relevantie is het van belang te onderkennen dat er schijnbaar veel overeenstemming bestaat over wat een circulaire economie inhoudt, en wat er moet worden gemeten, maar dat er in de praktijk belangrijke verschillen in opvatting zijn, bijvoorbeeld over de mate waarin CE-transities moeten bijdragen aan milieuverbetering. Sommige bedrijven zien milieuverbetering slechts als een bijkomend voordeel (*collateral benefit*) van CE-transities, terwijl veel andere belanghebbenden milieuverbetering juist als integraal onderdeel van een circulaire economie beschouwen. Voor een brede acceptatie van indicatoren voor het meten van CE-transities is het daarom van belang om deze verschillen in opvattingen in elk geval expliciet te maken en bij voorkeur in een consensusproces bij elkaar te brengen.

Er is verder veel kennis beschikbaar over het meten van een circulaire economie, ook in de vorm van beschikbare operationele indicatoren en data voor het vaststellen ervan (zie tabel 1.1). Ook al is er een redelijke mate van overeenstemming, er is evengoed nog discussie tussen kenniswerkers van wetenschappelijke instellingen en consultants. Daarbij is er ook een zekere concurrentie tussen kenniswerkers en hun eigen kennis, indicatoren en/of data (en modellen of software waarin deze zijn geïmplementeerd). Ook de mate waarin kenniswerkers zich gehoord voelen in de beleidsvaststelling van indicatoren voor het meten van CE-transities in productketens kan de geloofwaardigheid ervan beïnvloeden.

# 5 Conclusies

In deze studie is een denkkader ontwikkeld en toegepast op een groot aantal cases waarin CE-transities in productketens centraal staan (hypothetische cases voor plastic verpakkingen en elektrische apparaten, en 42 CE-Green Deals en 30 CE-icoonprojecten als praktijkcases). Hiermee wordt de rol van socio-institutionele verandering en innovatie voor CE-transities geëvalueerd als opstap om vast te stellen welk type informatie nodig is voor het meten van de voortgang van CE-transities in productketens. Daartoe is gebruikgemaakt van een zogenoemde R-lijst met een prioriteitsvolgorde van circulariteitsstrategieën.

De evaluatie van de cases maakt duidelijk dat technologische innovatie slechts een beperkte rol heeft binnen CE-transities. Technologische innovatie speelt vooral in cases waarin recycelen als circulariteitsstrategie centraal staat. Hierbij gaat het echter bijna altijd om een aanpassing van bestaande technologie aan de specifieke eisen van het product in de betreffende case (incrementele technologische innovatie). Radicale technologische innovatie vanuit een fundamenteel nieuwe kennisbasis speelt in de praktijkcases nauwelijks een rol.

Socio-institutionele verandering blijkt in de geëvalueerde cases een grotere uitdaging dan technologische vernieuwing. Naarmate een CE-transitie om een hogere circulariteitsstrategie draait, is meer socio-institutionele verandering door de hele keten nodig. Zulke socio-institutionele verandering is lastig te monitoren. Bij hogere circulariteitsstrategieën kan ook innovatie in productontwerp en verdienmodel vaker een rol spelen.

Er bestaat nog geen consensus over de manier waarop de voortgang van het CE-transitieproces, en de effecten daarvan op circulariteit, milieu en economie is te meten. Het Europees milieuoagentschap (EEA 2016b) heeft wel vragen geformuleerd met betrekking tot circulariteit (grondstoffen- en materiaalgebruik, en afvalverwerking) op nationaal niveau. Deze studie is nadrukkelijk gericht op CE-transities in afzonderlijke productketens. De EEA-vragen zijn aangepast op het meten van afzonderlijke productketens, en uitgebreid met vragen over het hele CE-transitieproces alsook de effecten op milieu en economie. Voor het meten van de voortgang in radicale of incrementele innovaties en die in socio-institutionele verandering zijn dezelfde vragen relevant. Wel is het zo dat het gewicht van de indicatoren zal verschillen, afhankelijk van het soort transitieproces dat aan de orde is. Het zou goed zijn als er een meetprotocol wordt ontwikkeld voor het meten van het CE-transitieproces.

Van het Nederlandse afval wordt zo'n 93 procent nuttig toegepast (CBS et al. 2015), waarvan 79 procent gerecycled (IenM 2013, 2014). Veel recycling is echter kwalitatief laagwaardig, en het grondstoffengebruik is nog fors. Er is dus nog een weg te gaan naar meer circulariteit. Uit de geëvalueerde praktijkcases blijkt recycelen veruit de meest gevolgde circulariteitsstrategie (in een aantal gevallen nevens geschikt aan hogere circulariteitsstrategieën). Voor een verdergaande CE-transitie, met substantieel minder grondstoffengebruik en afvalproductie, ligt de voorkeur bij strategieën met een hogere circulariteit.

# Literatuur

Algemene Rekenkamer (2005): Handleiding onderzoek naar doelmatigheid en doeltreffendheid. Algemene Rekenkamer, Den Haag.

Besluit Beheer Verpakkingen (2014): Besluit van 27 oktober 2014, houdende regels voor verpakkingen en verpakkingsafval. Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, Besluit 409, gepubliceerd op 31 oktober 2014.

CBS (2015): Green growth in the Netherlands. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag.

CBS, CPB, PBL & SCP (2014): Monitor Duurzaam Nederland 2014. ISBN 978-90-357-1550-9, ISSN 1877-461X. Centraal Bureau van de Statistiek (CBS), Den Haag / Heerlen.

CBS, PBL, Wageningen UR (2015): Vrijkomen en verwerking van afval per doelgroep, 1990-2012 (indicator 0206, versie 12, 16 juli 2015): Internetpublicatie. CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.

Chandy, R.K. & G.J. Tellis (2000): The Incumbent's Curse? Incumbency, Size, and Radical Product Innovation. *Journal of Marketing*, 64(3), 1-17.

CE & MVO Nederland (2015): The potential for high value reuse in a circular economy. Internetpublicatie (geraadpleegd mei 2016):

<http://www.circulairondernemen.nl/uploads/27102a5465b3589c6b52f8e43ba9fd72.pdf>

EEA (2016a): About EEA indicators. Internetpublicatie. European Environmental Protection Agency (EEA; Europees milieuoagentschap), Kopenhagen, Denemarken (geraadpleegd mei 2016): [http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators#c5=&c0=10&b\\_start=0](http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators#c5=&c0=10&b_start=0).

EEA (2016b): Circular Economy in Europe. Developing the knowledge base. European Environmental Protection Agency (EEA; Europees milieuoagentschap), Kopenhagen, Denemarken.

EC (2010): Being wise with waste: the EU's approach to waste management. Europese Commissie (EC), Brussel, België (doi 10.2779/93543).

EC (2015): Mededeling van de commissie aan het Europees parlement, de raad, het Europees economische en sociaal comité en het comité van de regio's. Maak de cirkel rond - Een EU-actieplan voor de circulaire economie. COM(2015)614 final. Europese Commissie (EC), Brussel, België.

EMF (2013): Towards the circular economy. Economic and business rationale for an accelerated transition. Internetpublicatie. Ellen MacArthur Foundation (EMF).

EZ (2011): Brief van minister Maxime Verhagen aan de voorzitter van de Tweede Kamer betreffende groene economische groei in Nederland (Green Deal; kamerstuk 33043, nr 1, sl: sn). Ministerie van Economische Zaken (EZ), Den Haag.

EZ (2015): Totaaloverzicht Green Deals met betrekking op Grondstoffen en Circulaire Economie. Bijlage bij kamerbrief van minister Henk Kamp aan de voorzitter van de Tweede Kamer betreffende het beleid rond Circulaire Economie op nationaal en Europees niveau (DGBI-PDBBE / 15002676). Ministerie van Economische Zaken (EZ). Den Haag.

Farla, J.C.M. & K.K. Blok (2000): The use of physical indicators for the monitoring of energy intensity developments in the Netherlands, 1980-1995. *Energy*, 25: 609-638 (doi:10.1016/S0360-5442(00)00006-2).

- Fuenfschilling, L. & B. Truffer (2013): The structuration of socio-technical regimes- Conceptual foundations from institutional theory. *Research Policy*, 43(4), 772–791 (doi:10.1016/j.respol.2013.10.010).
- Ganzevles, J, J. Potting & A. Hanemaaijer (2016): Meer sturen op groen. Evaluatie Green Deals Circulaire Economie. Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.
- Geels, F.W. (2002): Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes : a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 31(8&9), 1257–1274 (doi:10.1016/S0048-7333(02)00062-8).
- Hekkert, M.P., R.A.A. Suurs, S.O. Negro, S. Kuhlmann & R.E.H.M. Smits (2007): Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(4), 413–432 (doi:10.1016/j.techfore.2006.03.002).
- Hekkert, M., S. de Boer & C. Eveleens (2011): Innovatiesysteemanalyse voor beleidsanalisten. Een handleiding. Universiteit Utrecht.
- Huijbregts, M.A.J., L.J.A. Rombouts, S. Hellweg, R. Frischknecht, A.J. Hendriks, D. van de Meent, A.M.J. Ragas, L. Reijnders & J. Struijs (2006): Is Cumulative Fossil Energy Demand a Useful Indicator for the Environmental Performance of Products? *Environmental Science & Technology*, 40(3), 641-648 (doi: 10.1021/es051689g).
- Huisman, J., M. van der Maesen, R.J.J. Eijsbouts, F. Wang, C.P. Baldé & C.A. Wielenga (2012): The Dutch WEEE Flows. United Nations University, ISP – SCYCLE, Bonn, Duitsland.
- ICT Milieu (2014): ICT MILIEUMONITOR 2014. Internetpublicatie (geraadpleegd mei 2016: <https://www.nederlandict.nl/wp-content/uploads/2016/03/Infographic ICT Milieumonitor 2014.pdf>);).
- IenM (2013): Brief van staatssecretaris Wilma J. Mansveld aan de voorzitter van de Tweede Kamer betreffende de opzet van het beleidsprogramma Van Afval Naar Grondstoffen (IenM/BSK-2013/104405). Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM), Den Haag.
- IenM (2014): Brief van staatssecretaris Wilma J. Mansveld aan de voorzitter van de Tweede Kamer betreffende de invulling van het beleidsprogramma Van Afval Naar Grondstoffen (IenM/BSK-2014/12161). Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM), Den Haag.
- IenM (2015): Brief van staatssecretaris Wilma J. Mansveld aan de voorzitter van de Tweede Kamer betreffende de voortgang van het beleidsprogramma Van Afval Naar Grondstoffen (IenM/BSK-2015/68748). Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM), Den Haag.
- IenM (2016): Wat kan ik doen met plastic verpakkingen? Website. Website van het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM), Den Haag (geraadpleegd mei 2016: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/afval/vraag-en-antwoord/wat-kan-ik-doen-met-plastic-afval>).
- Kemp, R. (1994): Technology and the Transition to Environmental Sustainability The problem of technological regime shifts. *Futures*, 26(10), 1023–1046.
- KIVD (2013): Verduurzamingsagenda verpakkingen. KennisInstituut Duurzaam Verpakken (KIVD), Den Haag.
- KIVD (2014b): Duurzaam verpakken in 2040. Mogelijkheden en kansen bij vier toekomst-scenario's. KennisInstituut Duurzaam Verpakken (KIVD), Den Haag.
- KIVD (2014a): Factsheet | Inzameling kunststof verpakingsafval. KennisInstituut Duurzaam Verpakken (KIVD), Den Haag.

Kunseler, E., W. Tuinstra, E. Vasileiadou & A.C. Petersen (2015): The reflective futures practitioner: Balancing salience, credibility and legitimacy in generating foresight knowledge with stakeholders. *Futures*, 66(February), 1–12 (doi:10.1016/j.futures.2014.10.006).

Linder, M. & M. Williander (2015): Circular Business Model Innovation: Inherent Uncertainties. *Business Strategy and the Environment*, doi:10.1002/bse.1906.

MilieuCentraal (2015b): Cijfers over afvalscheiding. Website (geraadpleegd mei 2016: <https://www.milieucentraal.nl/minder-afval/afval-scheiden-en-recyclen/cijfers-over-afvalscheiding/>).

MVO Nederland (2015): Verslag indicatoren meetinstrument circulariteit. Springtij, Terschelling, september 2015. Intern verslag. Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen (MVO) Nederland, Utrecht.

Nedvang (2015): Monitoring verpakkingen resultaten inzameling en recycling 2014. NEDerland Van Afval Naar Grondstof (nedvang), Rotterdam.

Nedvang (2014): Monitoring verpakkingen resultaten inzameling en recycling 2013. NEDerland Van Afval Naar Grondstof (nedvang), Rotterdam.

OVAM (2015): Impactanalyse invoering statiegeld op eenmalige drankverpakkingen - Eindrapportage impactanalyse. Danny Wille, Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij (OVAM), Mechelen, België.

Pascual-González, J., G. Guillén-Gosálbeza, J.M. Mateo-Sanza & L. Jiménez-Estellera (2016): Statistical analysis of theecoinvent database to uncover relationships between life cycle impact assessment metrics. *Journal of Cleaner Production*, 112(1): 359–368.

PBL (2016): Waarom een circulaire economie? Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag (geraadpleegd april 2016: <http://themasites.pbl.nl/circulaire-economie/>).

Penna, C.C.R. & F.W. Geels, (2012): Climate change and the slow reorientation of the American car industry (1979–2012): An application and extension of the Dialectic Issue LifeCycle (DILC) model. *Research Policy*, 44(5), 1029–1048 (doi:10.1016/j.respol.2014.11.010).

Plastic Heroes (2015): Hoe werkt de recycling van plastic verpakkingsafval. Plastic Heroes (geraadpleegd november 2015: <http://www.plasticheroes.nl/hoe>).

PlasticsEurope (2014/2015): Plastics – The facts 2014/2015. An analysis of European plastics production, demand and waste data. Internetpublicatie. PlasticsEurope, association of plastic manufacturers, Brussel (België) (geraadpleegd november 2016: [http://www.plasticseurope.org/documents/document/20150227150049-final\\_plastics\\_the\\_facts\\_2014\\_2015\\_260215.pdf](http://www.plasticseurope.org/documents/document/20150227150049-final_plastics_the_facts_2014_2015_260215.pdf)).

PlasticsEurope (2015): Plastics – the Facts 2015. An analysis of European plastics production, demand and waste data. Internetpublicatie. PlasticsEurope, association of plastic manufacturers, Brussel (België) (geraadpleegd november 2015: [http://www.plasticseurope.org/documents/document/20151216062602-plastics\\_the\\_facts\\_2015\\_final\\_30pages\\_14122015.pdf](http://www.plasticseurope.org/documents/document/20151216062602-plastics_the_facts_2015_final_30pages_14122015.pdf)).

Raamovereenkomst Verpakkingen 2013-2022 (2013): Raamovereenkomst tussen I&M, het verpakkende bedrijfsleven en de VNG over de aanpak van de dossiers verpakkingen en zwerfafval voor de jaren 2013 t/m 2022. Staatscourant, nr. 14475, gepubliceerd op 20 juli 2012.

Regeerakkoord (2012): Bruggen slaan. Regeerakkoord VVD – PvdA. VVD & PVDA, Den Haag.

RIVM (2016): Meten van Duurzaamheid.nl. Website. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven (geraadpleegd mei 2016: <http://www.metenvanduurzaamheid.nl/>).



- RLI (2015): Circulaire economie: van wens naar uitvoering. RLI 2015/03, NUR-740, ISBN 978-90-77323-00-7. Raad voor de Leefomgeving en Infrastructuur (RLI), Den Haag.
- SER (2010): Meer werken aan duurzame groei. Advies 10/03, ISBN 978-94-6134-008-5. Sociaal-Economische Raad (SER), Den Haag.
- Shaz, S. & P. Krop (2012): Incumbent performance in the face of a radical innovation: Towards a framework for incumbent challenger dynamics. *Research Policy*, 41(8), 1357–1374 (doi:10.1016/j.respol.2012.03.024).
- Smink, M.M., M.P. Hekkert & S.O. Negro (2013): Keeping sustainable innovation on a leash? Exploring incumbents' institutional strategies. *Business Strategy and the Environment*, 24(2), 86–101 (doi:10.1002/bse.1808).
- Smink, M., S.O. Negro, E. Niesten & M.P. Hekkert (2014): How mismatching institutional logics hinder niche-regime interaction and how boundary spanners intervene. *Technological Forecasting & Social Change*, 100, 225–237 (doi:10.1016/j.techfore.2015.07.004).
- Unruh, G.C. (2000): Understanding carbon lock-in. *Energy Policy*, 28(12), 817–830 (doi:10.1016/S0301-4215(00)00070-7).
- Van der Malen, A.I.K., G. Pama & K. Wessels (1993): Wasmachine achtervolgt minister Alders. NRC Handelsblad, 10 mei 1993 (geraadpleegd mei 2016: <http://www.nrc.nl/handelsblad/1993/05/10/wasmachine-achtervolgt-minister-alders-7182329>).
- Vermeulen, W.J.V., S. Witjes & D. Reike (2014): Advies over een Raamwerk voor Impactmeting voor Circulair Inkopen. Faculteit Aardwetenschappen, Universiteit Utrecht, Utrecht.
- Weber, K.M. & H. Rohracher (2012): Legitimizing research, technology and innovation policies for transformative change. *Research Policy*, 41(6), 1037–1047 (doi:10.1016/j.respol.2011.10.015).
- Wecycle (2016): Doelstellingen & resultaten. Recycleresultaat Wecycle per fractie in 2014. Internetsite (geraadpleegd mei 2016: <http://www.wecycle.nl/nederlands/consumenten/over-wecycle/doelstellingen-and-resultaten.html>).
- Wieczorek, A.J. & M.P. Hekkert (2012): Systemic instruments for systemic innovation problems: A framework for policy makers and innovation scholars. *Science and Public Policy*, 39(1), 74–87 (doi:10.1093/scipol/scr008).
- Wilson, C. (2012): Up-scaling, formative phases, and learning in the historical diffusion of energy technologies. *Energy Policy*, 50, 81–94 (doi:10.1016/j.enpol.2012.04.077).
- Worrell, E., L. Price, N. Martin, J. Farla & R. Schaeffer (1997): Energy Intensity in the Iron and Steel Industry: A Comparison of Physical and Economic Indicators. *Energy Policy*, 25(7-9), 727-744 (doi:10.1016/S0301-4215(97)00064-5).
- WRAP (2005): Development of Food Grade PET Recycling Process – Literature Review and Feasibility Study. Banbury, UK: Waste and Resources Action Programme (WRAP).