



Database met kosten en effecten circulaire maatregelen

Inventarisatie CE-maatregelen



Committed to the Environment

Database met kosten en effecten circulaire maatregelen

Inventarisatie CE-maatregelen

Delft, CE Delft, mei 2020

Publicatienummer: 20.190212.069

Gegevensbestanden / Maatregelen / Beleidsmaatregelen / Kosten / Effecten / Producten / Circulair / Inventarisatie

Deze notitie is opgesteld door: Amanda Bachaus, Ellen Schep, Geert Warringa en Geert Bergsma



Monitoring en Sturing Circulaire Economie

Deze notitie is tot stand gekomen in het kader van het Werkprogramma Monitoring en Sturing Circulaire Economie 2019-2023. Dit werkprogramma is een samenwerkingsverband van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Centrum voor

Milieuwetenschappen Leiden (CML), het Centraal Planbureau (CPB), het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), RVO.nl, Rijkswaterstaat en TNO onder leiding van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). Het kabinet streeft naar een volledig circulaire economie in 2050. Het doel van het werkprogramma is om de door het kabinet uitgezette koers naar 2050 te kunnen monitoren en te evalueren en de overheid te voorzien van de kennis die nodig is voor de vormgeving of bijsturing van beleid. Meer informatie over het Werkprogramma Monitoring en Sturing Circulaire Economie is te vinden op www.pbl.nl/monitoring-circulaire-economie.

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, ngo's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



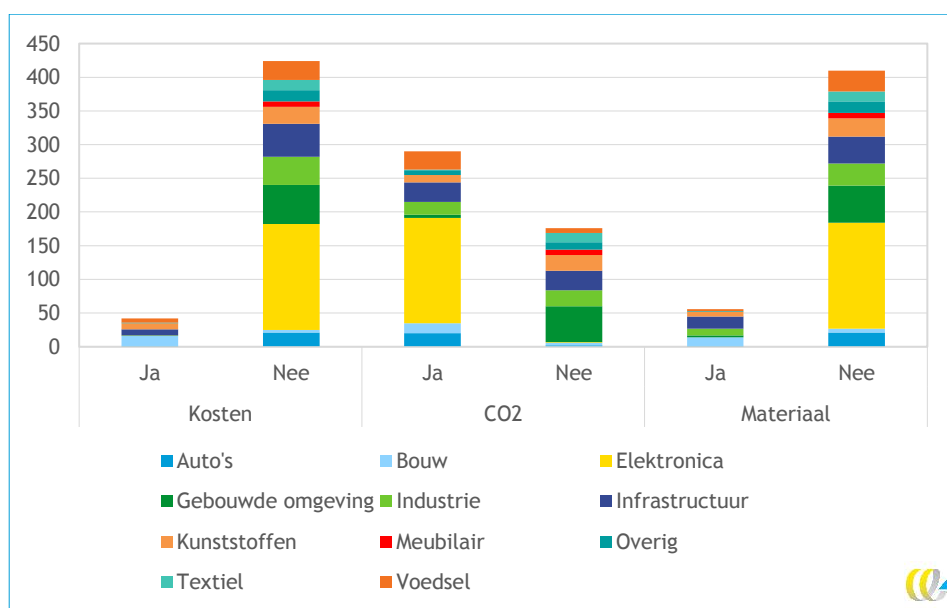
Samenvatting

CE Delft heeft een database ontwikkeld met kosten en effecten van circulaire maatregelen. Dit is een eerste stap richting de ontwikkeling van circulaire modellen op basis van concrete circulaire maatregelen om kosten en effecten van beleidsmaatregelen door te rekenen.

In de database zijn (medio maart 2020) 81 studies (53 Nederlandse + 28 buitenlandse) en 466 maatregelen opgenomen. De meeste studies naar maatregelen komen van particuliere onderzoeksinstituten en ngo's.

Figuur 1 laat zien welke informatie beschikbaar is in de database.

Figuur 1 - Maatregelen naar categorie in database en type informatie



De database laat zien dat relatief veel informatie bekend is over CO₂-reductie, maar dat met name informatie over kosten en materiaalbesparing nu nog vaak ontbreekt in studies. Met name voor consumptie- en productcategorieën met hoge milieu-impacts en/of die kritieke materialen bevatten, kan het interessant zijn om kostencurves uit te werken, zoals auto's, textiel, elektronica en meubels. We nodigen partijen dan ook uit om de database aan te vullen als nieuwere studies beschikbaar komen.

1 Inleiding

CE Delft heeft een database ontwikkeld met kosten en effecten van circulaire maatregelen. Dit is een eerste stap richting de ontwikkeling van circulaire modellen om kosten en effecten van beleidsmaatregelen door te rekenen. Belangrijke vragen hierbij zijn:

- Welke informatie over kosten en effecten is bekend?
- Welk aanvullend onderzoek is noodzakelijk om een compleet beeld te krijgen?

De vraag hierbij is wanneer het beeld compleet is of wat de belangrijkste circulaire maatregelen zijn. Zijn dit de belangrijkste maatregelen die bijdragen aan 50% materiaalreductie in 2030 of geeft dit een incompleet beeld? Circulaire maatregelen kunnen namelijk verschillende doelen hebben, zoals CO₂-reductie, voorkomen uitputting (kritieke) grondstoffen, minder landgebruik, verbeteren luchtkwaliteit, verminderen toxische stoffen in het milieu, voorkomen verlies aan biodiversiteit, reductie van zwerfafval en microplastics in het milieu, etc. Dit maakt het uitdagend om te bepalen wanneer het beeld compleet is. Per effectdomein kunnen immers andere maatregelen belangrijk zijn.

Een voorbeeld van spanning tussen doelen en het 50% overall doel minder grondstoffen is bijvoorbeeld de plastic soep/microplasticwastie. Het voorkomen van microplastics naar het milieu kan bijvoorbeeld impact hebben op de gezondheid van mens en natuur, terwijl deze nauwelijks bijdraagt aan de hoofddoelstelling van 50% materiaalreductie in 2030. Het is daarom sterk afhankelijk van de effectcategorie welke maatregel als belangrijk kan worden beschouwd.

In deze verkennende notitie geven wij weer, op basis van bestaande literatuur, welke producten een relatief grote milieu- en materiaalimpact hebben. Dit doen we op basis van studies die integrale milieuanalyses hebben uitgevoerd van consumptie (lca-studies). Dit geeft een eerste indicatie van de belangrijkste producten waar circulaire strategieën zich op kunnen richten vanuit een consumptieperspectief en van welke maatregelen kosten en effecten van bekend zouden moeten zijn.

Het consumptieperspectief geeft echter maar een deel van het beeld. Circulaire maatregelen kunnen immers ook vanuit een productieperspectief worden genomen. We onderzoeken daarom ook of er studies zijn uitgevoerd waarin is onderzocht wat het belangrijkste type maatregelen zijn vanuit een productieperspectief.

Door deze te vergelijken met de informatie in de database, kunnen we op hoofdlijnen bepalen waar de witte vlekken zich bevinden. Een witte vlek houdt in dat er nog weinig of geen informatie bekend is over kosten en effecten voor een specifieke productgroep of sector.

2 Producten met een grote impact (consumptieperspectief)

Er zijn verschillende internationale studies die de milieu-impact van consumptie in kaart hebben gebracht. Voorbeelden zijn (ETC, 2019), (EEA, 2013), (VITO, 2012) en de EIPRO studie uit 2006 (EC, JRC, 2006). Alhoewel deze studies verschillen qua indeling van productcategorieën, is het beeld wel ongeveer hetzelfde: voedsel, transport, woningen (en de bouw in het algemeen), elektronische apparatuur, meubels en textiel zijn de consumptie-categorieën met de meest belangrijke milieu-impacts (zie Tabel 1). R-strategieën gericht op deze producten kunnen daarmee in potentie een grote milieuwinst realiseren.¹

¹ Overigens zijn elektronische apparaten, meubels en textiel ook precies de consumptie-categorieën waar sectorplannen voor zijn opgesteld in de transitieagenda consumptiegoederen.

Tabel 1 - Consumptiecategorieën met een grote milieu-impact volgens EU-analyses

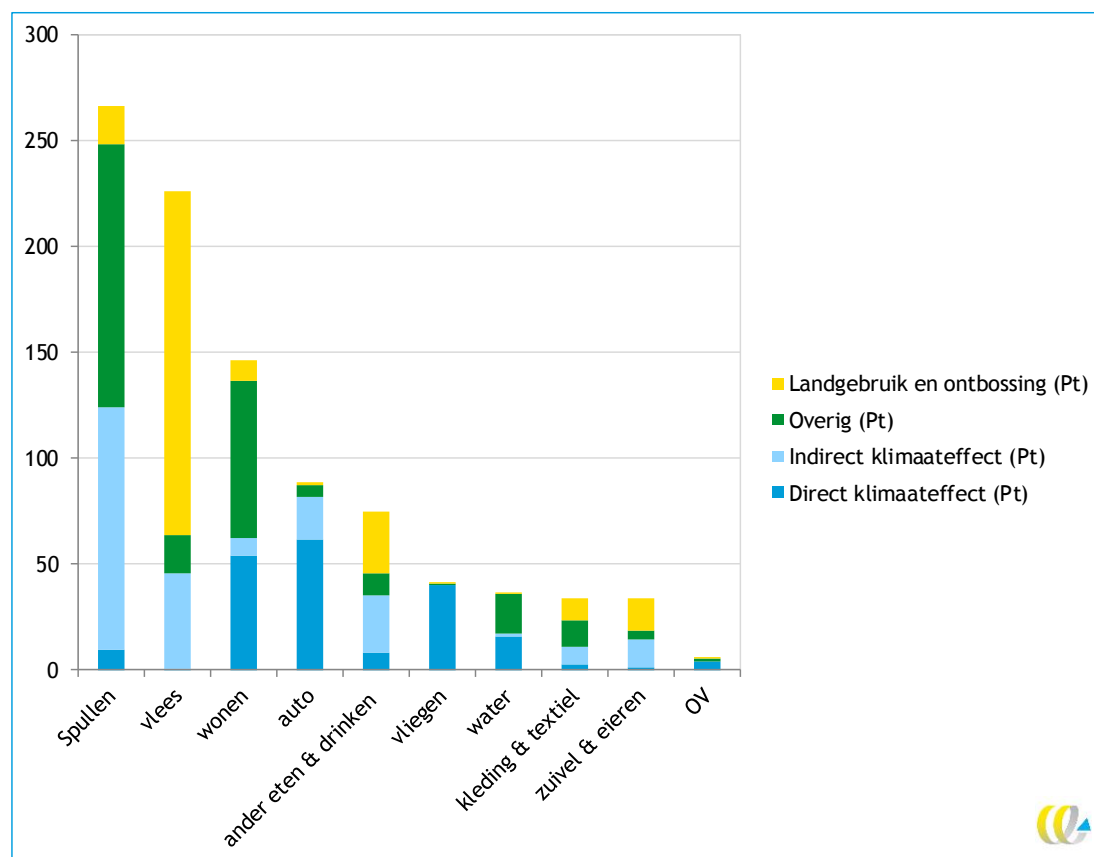
Consumption category	Material requirement	Land use	Greenhouse gases	Overall weighted environmental impact	Abiotic depletion	Greenhouse gases	Acidifying emissions	Total material requirement	Greenhouse gases
	ETC, 2019	ETC, 2019	ETC, 2019	EC, 2006	EC, 2006	EEA, 2013	EEA, 2013	EEA, 2013	VITO, 2012
Food and non-alcoholic beverages	28%	58%	14%	32%	21%	17%	42%	34%	25%
Transport	11%	3%	14%	17%	20%	24%	22%	12%	20%
Furnishings, household equipment and routine maintenance of the house	6%	1%	5%	14%	28%	11%	9%	14%	
Restaurants and hotels	4%	8%	3%	9%	7%	4%	6%	6%	
Housing, water, electricity, gas and other fuels	19%	3%	21%	7%	7%	36%	14%	27%	35%
Recreation and culture	6%	5%	6%	6%	5%	2%	1%	2%	
Miscellaneous goods and services	3%	2%	4%	5%	5%	2%	1%	1%	
Clothing, footwear, household textiles	10%	9%	7%	3%	2%	2%	1%	1%	5%
Communications	0,4%	0,4%	1%	2%	2%	1%	1%	1%	
Alcoholic beverages, tobacco and narcotics	5%	8%	4%	2%	2%	0,20%	0,40%	0,30%	
Health	7%	3%	3%	2%	2%	1%	1%	1%	
Education	0,2%	3%	0,2%	1%	0,4%	0,20%	0,10%	0,20%	
Other categories			18%						15%
Total	100%	100%	100%	100%		100%	100%	100%	100%

Bronnen: (VITO, 2012), (EC, JRC, 2006), (EEA, 2013), (ETC, 2019).

Dit beeld wordt bevestigd door een studie van CE Delft, waarin de top 10 milieu-impacts van Nederlandse consumenten in beeld zijn gebracht. Ook in deze studie zijn vlees (voedsel), wonen, auto's, en kleding en textiel producten met een grote milieu-impact.² In deze studie zijn directe klimaatemissies voor materialen en producten samengenomen met indirecte klimaatemissies die vaak samenhangen met producten. Zo functioneert een koelkast als product alleen als deze elektriciteit toegevoerd krijgt.

Alhoewel er wel verschillen zijn in ranking (de textielindustrie is de bijvoorbeeld de vierde belangrijkste impactcategorie in termen van water- en materiaalconsumptie en tweede in landgebruik volgens de meest recente EEA-studie (ETC, 2019), is het beeld tussen de studies wel min of meer consistent als het gaat om productcategorieën met een grote milieu-impact. Ook kleding en textiel zijn immers een top tien product in de studie van CE Delft.³

Figuur 2 - Top 10 milieu-impacts Nederlandse consument



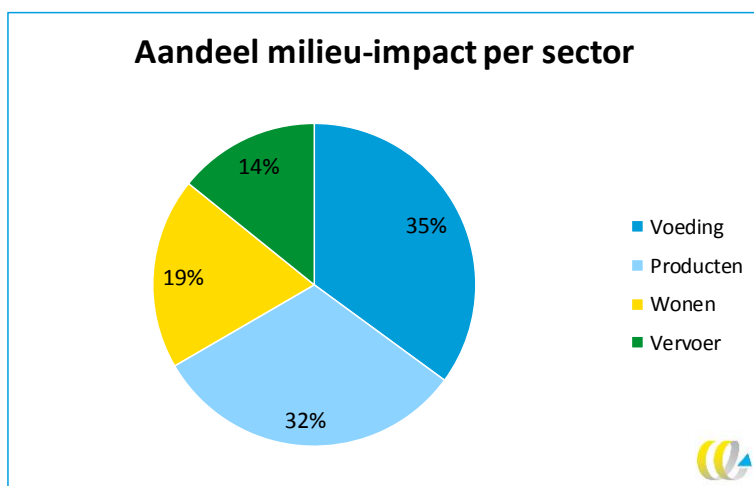
Bron: (CE Delft, 2018).

² Meubels en elektronische apparatuur zijn in deze studie niet verder gespecificeerd maar vallen binnen de categorie spullen.

³ Wonen is in de top 10-studie (CE Delft, 2018) kleiner dan de impact in de EEA-studie (2013). De reden hiervoor is dat in de top 10-studie van CE Delft het elektriciteitsgebruik in huis voor een groot deel is toegerekend aan de producten waarmee het samenhangt. Elektriciteit voor een computer is namelijk ingedeeld bij de categorie spullen en niet in wonen. Elektriciteit voor een koelkast wordt toegerekend aan de categorie voeding. Als we deze methodische andere keuze meenemen zijn beide studies redelijk met elkaar in lijn in de conclusie wat de belangrijkste productgroepen zijn.

Als we de categorieën meer groeperen dan zien we dat voeding (vlees, zuivel & eieren, andere eten en drinken) de grootste milieu-impact heeft, gevolgd door producten (spullen, kleding en textiel), vervoer (auto, vliegen, ov) en wonen. Bij deze studie moet opgemerkt worden dat er in diverse categorieën als bijvoorbeeld spullen grote onzekerheid zit wegens onzekerheden in de data.

Figuur 3 - Aandeel milieu-impact per sector

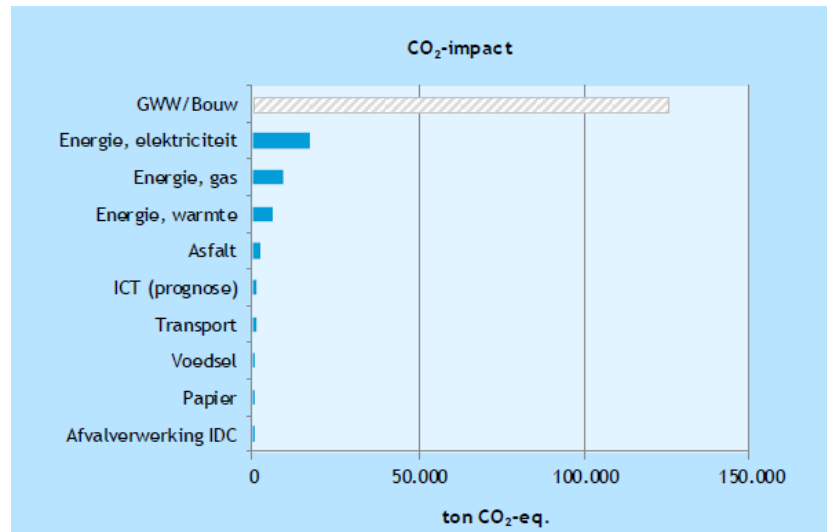


Bron: (CE Delft, 2018).

Consumptie overheden

De eerdergenoemde studies gelden voor huishoudelijke consumptie. Echter, overheden nemen ook een groot deel van de Nederlandse consumptie voor hun rekening. (EEA, 2013) heeft een integrale analyse uitgevoerd waarin ook de milieu-impact van de overheid, op Europees niveau, is meegenomen. De categorie met de grootste materiaal- en milieu-impact is 'construction work'. Deze categorie wordt niet verder gespecificeerd in de studie, maar het ligt voor de hand dat dit gaat om bouwprojecten zoals wegen, dijken, riolering, overheidsgebouwen en bruggen. Uit een analyse van CE Delft voor gemeente Den Haag blijken ook de uitgaven aan grond-, weg- en waterbouw de grootste milieu-impact te hebben van de gemeentelijke uitgaven (CE Delft, 2014b). Het gaat hierbij, samen met woningen, om de maatregelen binnen de transitieagenda bouw.

Figuur 4 - CO₂-impact inkopen gemeente Den Haag



Bron: (CE Delft, 2014b).

Het is te verklaren dat de uitgaven van overheden voor wegen een grotere impact hebben dan uitgaven van overheden voor bijvoorbeeld energie. Overheden kopen energie alleen voor de eigen bedrijfsvoering en niet voor burgers, terwijl wegen wel voor alle inwoners van het land worden gekocht. De uitgaven en de milieu-impact van deze uitgaven zijn daarmee relatief hoog.

Lekkage naar de natuur (o.a. microplastics)

De impact van microplastics en zwerfafval zijn nog niet meegenomen in deze analyses. Vanuit dit perspectief zijn vooral kunststofproducten, textiel en verpakkingen die kunnen lekken naar het milieu, zoals bijvoorbeeld de plastic soep, belangrijk. Het verlagen van deze milieu-impact is één van de belangrijke doelen in de transitieagenda voor kunststoffen.

Kritieke materialen

Zeldzaamheid van materialen en kritieke grondstoffen zijn ook niet meegenomen in de eerdergenoemde studies. Het gaat hierbij niet alleen om zeldzaamheid, maar ook de economische schaarste in het licht van oplopende geopolitieke spanningen en de energietransitie. Een reden hiervoor is dat er nog geen overkoepelende indicator is die de zeldzaamheid/kritikaliteit van alle materialen weergeeft. Er is alleen een indicator voor metalen. Producten met zeldzame metalen, zoals elektronische apparatuur, zijn in dit kader sowieso relevant. Deze productcategorie behoort namelijk al tot de categorieën met de grootste milieu-impact.

3 Milieu-impact vanuit productieperspectief

Naast het consumptieperspectief is het ook interessant om vanuit productieperspectief te beoordelen welke maatregelen belangrijk zijn. Het circulaire economiebeleid is immers ook deels gericht op het beïnvloeden van bedrijven die in Nederland produceren.

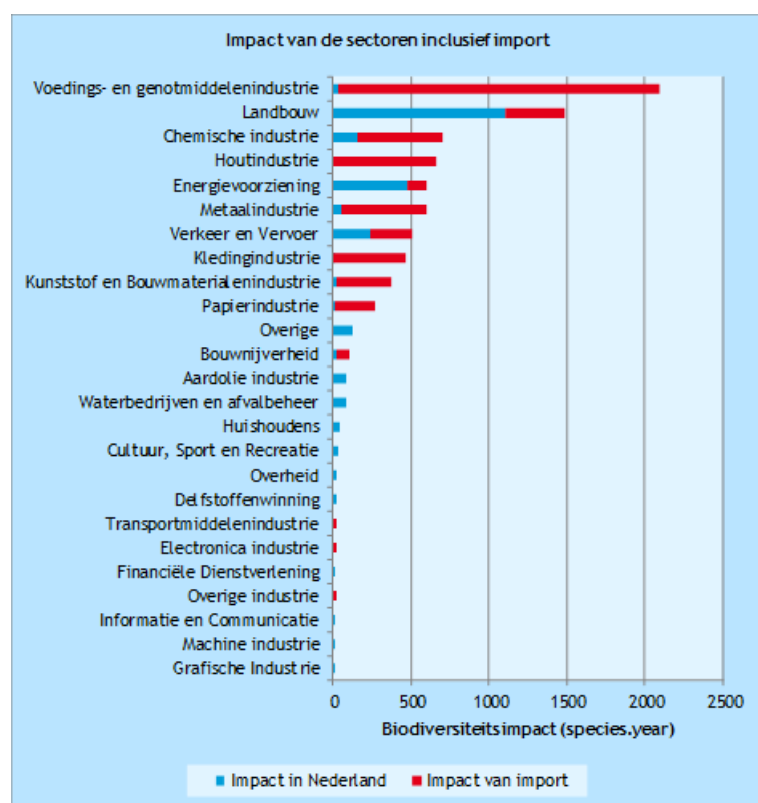
Om te achterhalen wat potentieel de belangrijkste sectoren zijn, zou onderzocht moeten worden wat de milieu-impact is van Nederlandse productiesectoren over de gehele

levenscyclus van de producten. Dit is dus inclusief de milieu-impact van geïmporteerde halffabricaten en grondstoffen (incl. kapitaalgoederen), de milieudruk op Nederlands grondgebied door productie en de milieu-impacts van consumptie en afdanking (dit kan bij export ook in het buitenland zijn).

Naar ons weten is een dergelijke integrale studie nog niet uitgevoerd. Sectoren met een groot materiaalverbruik en CO₂-uitstoot zijn volgens de monitor van het (CBS, 2019) sectoren als elektriciteitsbedrijven en aardolie, landbouw, delfstoffenwinning, chemie, water- en afvalbeheer, bouw en diensten. In deze studie is het materiaalverbruik en de CO₂-uitstoot echter niet vanuit een ketenperspectief in beeld gebracht, waardoor impacts gerelateerd aan import bijvoorbeeld niet zijn meegenomen.

Wel is in (CE Delft, 2014a) een analyse gedaan van de wereldwijde biodiversiteitsimpact van Nederlandse productiesectoren waarbij ook import is meegenomen.⁴ Figuur 5 laat zien dat de voedings- en genotmiddelenindustrie de grootste impact heeft op wereldwijde biodiversiteit, gevolgd door landbouw, de chemische industrie, houtindustrie, energievoorziening en metaalindustrie. Ook valt het op dat biodiversiteitsimpact in de meeste sectoren voor een groot deel gerelateerd is aan import. Dit valt te verklaren door het feit dat met name landgebruik en klimaatverandering een grote impact hebben op het verlies van de wereldwijde biodiversiteit. Vooral landgebruik is vaak import gerelateerd.

Figuur 5 - Biodiversiteitsimpact van Nederlandse sectoren



Bron: (CE Delft, 2014a).

⁴ Belangrijke onderliggende factoren die de biodiversiteit beïnvloeden zijn landgebruik en klimaatimpact.

Alhoewel Figuur 5 een eerste indicatie geeft van sectoren met een grote milieu-impact, geeft deze figuur nog niet het gehele beeld. Zo zijn niet alle milieu-impacts meegenomen (vooral klimaatverandering en landgebruik hebben impact op biodiversiteit), zijn sommige categorieën nog vrij algemeen gespecificeerd (zoals de chemische industrie) en zijn milieu-impacts van de gebruiks- en afdankfase niet meegenomen. Daarnaast is elke indeling van bedrijven naar een bepaalde sector en niet op een gelijk eenheid arbitrair. Zo komt de kunststofindustrie niet als aparte sector terug in Figuur 5, terwijl deze sector wel één van de transitieagenda's vormt. Ook lijkt de impact van de bouw vrij laag, maar dit komt omdat de bouw klant is van de houtsector, de metaalsector en bouwmaterialenindustrie. Een indeling van productiesectoren dient voor een vergelijking daarom eigenlijk op basis van een gemeenschappelijke noemer te geschieden zoals bijvoorbeeld de milieu-impact per toegevoegde waarde of de impact per aantal werknemers, etc. Deze info is echter nu nog niet beschikbaar. Dit was ook een belangrijke kanttekening die werd geplaatst tijdens de workshop die wij in het kader van dit project hebben georganiseerd (zie ook Hoofdstuk 6 in dit document).

Omdat een integrale analyse van alle milieu-impacts ontbreekt, en indelingen arbitrair kunnen zijn, hebben we de maatregelen vanuit een productieperspectief ingedeeld naar de transitieagenda's zoals die zijn geformuleerd in het kader van het grondstoffenakkoord (biomassa en voedsel, kunststoffen, maakindustrie, bouw, consumptiegoederen). Hierbij dient opgemerkt te worden dat in deze transitieagenda's vaak een mix van het productie- en consumptieperspectief is gekozen. En verder gaat het deels om productiesectoren, soms over één materiaal en ook over een consumptiesector. Met deze indeling sluiten we echter wel aan bij de indeling die ook in het beleid is gekozen op basis van een afweging welke sectoren relevant zijn voor de circulaire economie in Nederland.

4 Belangrijke categorieën

Op basis van deze quickscan literatuuranalyse komen we tot de conclusie dat er een aantal consumptiecategorieën belangrijk zijn om materiaalreductie en vermindering van milieu-impacts te bewerkstelligen. Om een zo compleet mogelijk beeld te krijgen, is vanuit een consumptieperspectief idealiter informatie met kosten en effecten van R-strategieën bekend die gericht zijn op:

- woningen en utiliteitsbouw;
- infrastructuur (wegen, gebouwen, dijken, riolering, instrumenten, energie-infrastructuur, etc.);
- voedsel (met name vlees, zuivel en eieren);
- auto's;
- meubels;
- elektronische apparatuur;
- textiel;
- kunststoffen als belangrijk product van de chemie (ook voor het tegengaan van zwerfafval en microplastics);
- producten met kritieke materialen (o.a. accu's).

Maatregelen vanuit een productieperspectief hebben we ingedeeld naar de vijf transitieagenda's:

- biomassa en voedsel;
- kunststoffen;
- maakindustrie;
- bouw;
- consumptiegoederen.

Hierbij merken we nogmaals op dat meerdere indelingen mogelijk zijn en dat maatregelen aan meerdere categorieën toegeschreven kunnen worden (bijv. kunststoffen en consumptiegoederen). Iedere indeling kan daarmee in feite arbitrair zijn. De categorieën zijn vooral bedoeld om de maatregelen in de database te kunnen presenteren en de witte vlekken te analyseren.

5 Maatregelen in database

In deze paragraaf kijken we in hoeverre er informatie (kosten en effecten) bekend is van technische maatregelen die gericht zijn op het reduceren van het materiaalgebruik en milieu-impact van de eerder geïdentificeerde productcategorieën. We hebben een database opgesteld van beschikbare studies die circulaire maatregelen beschrijven.

Informatieverzameling

Om de beschikbare informatie te verzamelen hebben we breed contact opgenomen met onderzoeksinstituten, advies-/ingenieursbureaus, universiteiten, milieuorganisaties en overheidsorganisaties. De focus in dit onderzoek lag met name op het breed inventariseren van de beschikbare informatie bij bekende partijen en onderzoeksinstituten in Nederland. Dit betekent dat er geen uitgebreide review heeft plaatsgevonden op de kwaliteit van de studies. Wel hebben we weergegeven wat het type instelling is die de studie heeft uitgevoerd (bijvoorbeeld adviesbureau, universiteit) en het type opdrachtgever (overheid, milieuorganisatie, bedrijf). De studies zijn uitgevoerd vanaf 2013. Dit betekent dat de studies maximaal zeven jaar oud zijn.

Resultaten

In de database zijn (medio maart 2020) 81 studies (53 Nederlandse + 28 buitenlandse) en 466 maatregelen opgenomen. Studies naar kapitaalgoederen waren niet beschikbaar. Tabel 2 geeft een overzicht van de type auteur voor elke maatregel. De meeste maatregelen komen van particuliere onderzoeksinstituten en ngo's. Opdrachtgevers waren vooral overheden (214), milieuorganisaties (119), wetenschappelijk (37), bedrijven (10) en onbekend (86).

Tabel 2 - Type auteur

Type auteur	Aantal maatregelen
Particuliere onderzoeksinstituten	184
Ngo	172
Overheid onderzoeksinstituten	64
Wetenschappelijk	38
Bedrijf	7
Onbekend	1

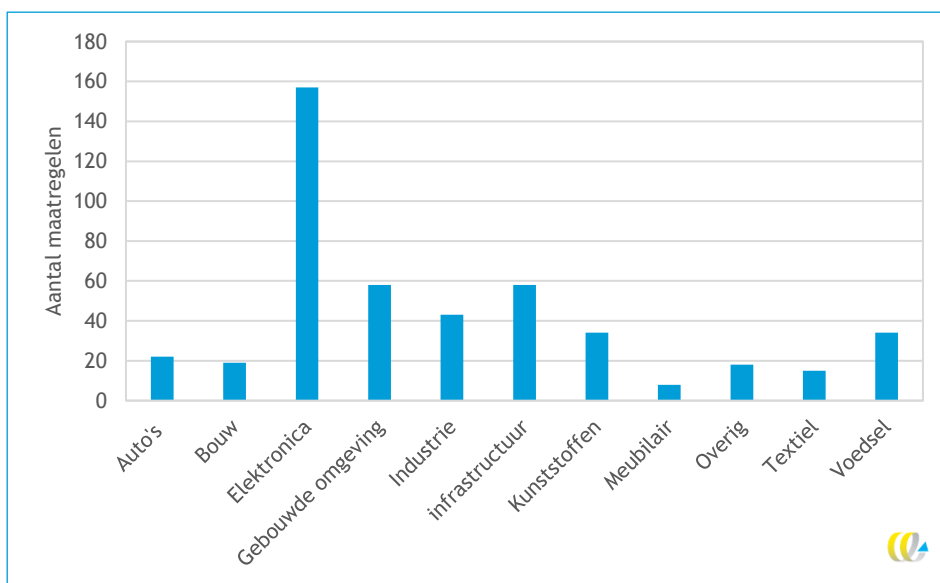
Figuur 6 laat de maatregelen in de database zien, ingedeeld naar categorie. We zien dat de meeste maatregelen vallen onder de groepen 'elektronica', 'gebouwde omgeving' en 'infrastructuur'. Andere maatregelen uit de consumptiehoek (meubels, textiel, auto's) komen veel minder voor in de database.

De grote vertegenwoordiging van maatregelen rondom elektronica wordt verklaard door één Europese studie waarin voor 30 typen elektronica effecten zijn bepaald. Weinig maatregelen voor een productcategorie kan meerdere oorzaken hebben. Dit kan bijvoorbeeld

betekenen dat er relatief veel beleidsaandacht is geweest, maar ook dat er relatief weinig technische maatregelen mogelijk zijn. Zo is elektronica ook een veel diversere productgroep dan bijvoorbeeld voedsel (rund, varken, kip). Daarbij kunnen maatregelen ook sterk verschillen in omvang (kosten, milieuwinst). Het aantal maatregelen moeten daarom niet te absoluut worden genomen.

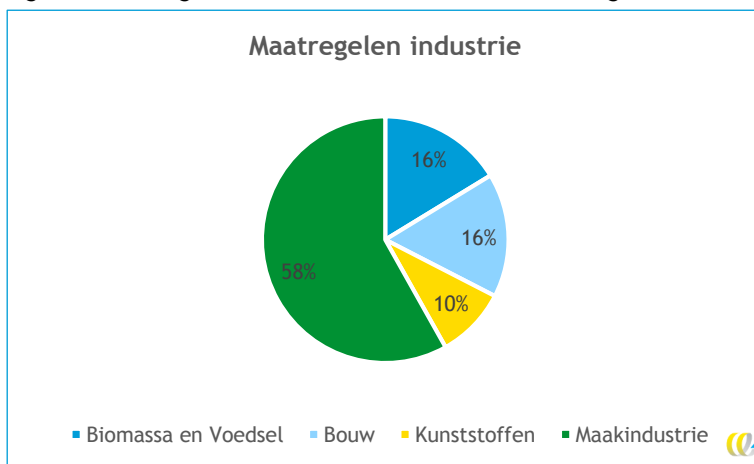
Sommige maatregelen vallen onder meerdere categorieën, bijvoorbeeld tweedehands handel via internet. Indien dit het geval is, hebben we gekeken aan welke categorie de maatregel het best kan worden toegekend.

Figuur 6 - Maatregelen naar categorie in database



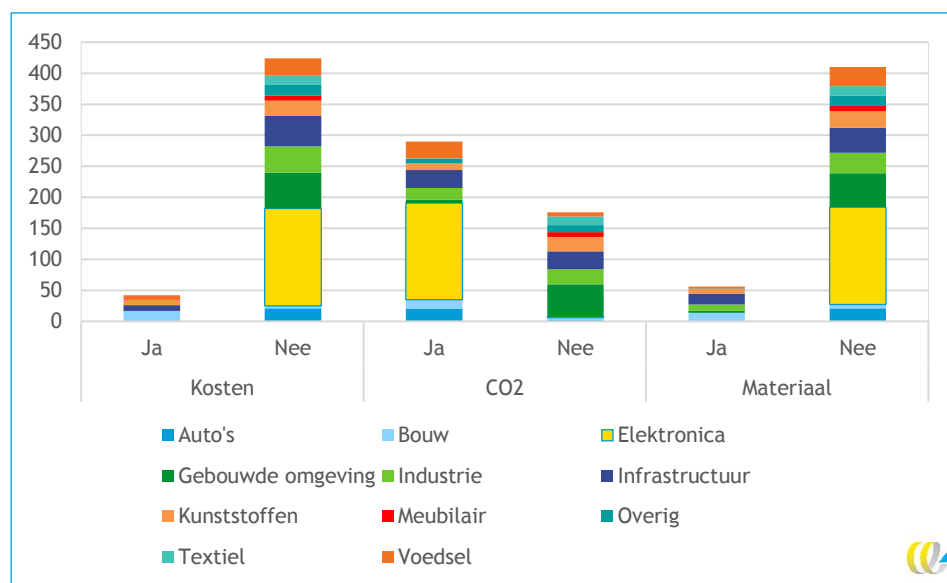
De maatregelen vanuit een productieperspectief hebben we ingedeeld binnen de categorie 'industrie'. Het gaat om een relatief beperkt aantal maatregelen (43). Meer dan de helft van de maatregelen hebben we ingedeeld binnen de categorie 'maakindustrie'. Het aandeel maatregelen dat valt binnen de categorie 'kunststoffen' is relatief beperkt.

Figuur 7 - Maatregelen industrie verdeeld over de transitieagenda's



In Figuur 8 laten we zien welk deel van de maatregelen kwantitatieve informatie over kosten, CO₂-reductie en materiaalreductie omvat. We zien dat vooral de informatie over kosten en materiaalbesparingen in veel studies ontbreekt, informatie over CO₂-reductie is het best beschikbaar. De informatie verschilt per categorie, zo is rond het thema voedsel relatief veel informatie over CO₂-reductie beschikbaar, maar niet over kosten en materiaalbesparing. Ook zijn er nog verschillen in eenheden en detailniveau, hierdoor is de beschikbare informatie nog niet direct te gebruiken voor kostencurves of scenario's.

Figuur 8 - Maatregelen naar categorie in database en type informatie



We hebben ook gekeken of er informatie beschikbaar is over land, water, luchtkwaliteit, toxiciteit, kritikaliteit en energiegebruik. Dit is bij een beperkt aantal maatregelen het geval (Tabel 3).

Tabel 3 - Informatie beschikbaar per maatregel

	Ja	Nee
Landgebruik	23	433
Watergebruik	46	420
Luchtkwaliteit	26	440
Toxiciteit	14	452
Kritikaliteit	41	425
Energiegebruik	11	455

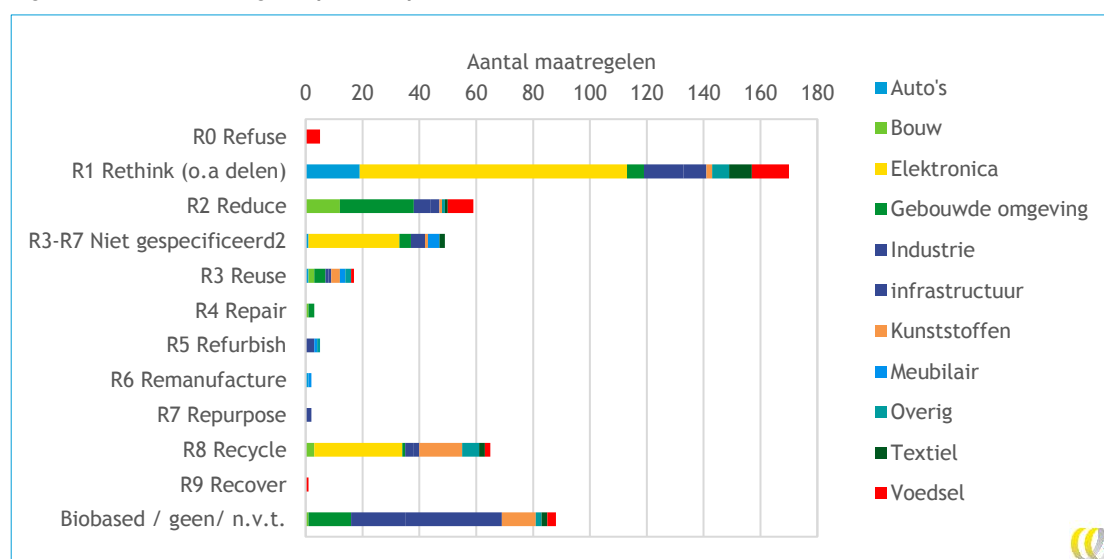
Per productgroep zoomen we verder in op de beschikbare informatie en identificeren we of er sprake is van een witte vlek. Dit doen we aan de hand van de R-ladder en de transitie-agenda; dit is niet voor alle maatregelen duidelijk, maar er is gepoogd hierin een zo consequent mogelijke keuze te maken. Overheidsmaatregelen in de grond, weg- en waterbouw (GWW) zijn aan de infrastructuur toegerekend. Maatregelen rondom biobased zijn moeilijk in te passen, daarom hebben we hiervoor een aparte categorie gemaakt.⁵

⁵ In (PBL, 2019) is een aparte R-ladder voor biobased ontwikkeld.

We zien dat de R-stappen recycle, rethink en reduce de meeste maatregelen omvatten. R3-R7 hebben we in het geval van levensduurverlenging samengevoegd, omdat het vaak niet goed is onder te verdelen onder één R-stap. Het overgrote gedeelte van de maatregelen is gericht op rethink. Dit wordt vooral verklaard door één Europese studie die dominant is in de resultaten. In deze studie is gekeken naar gedetailleerde producten in combinatie met steeds dezelfde mogelijke maatregelen.

Een behoorlijk deel van de maatregelen is ook niet goed in te delen naar een R-stap en bij verschillende studies is een maatregel in te delen naar verschillende strategieën.

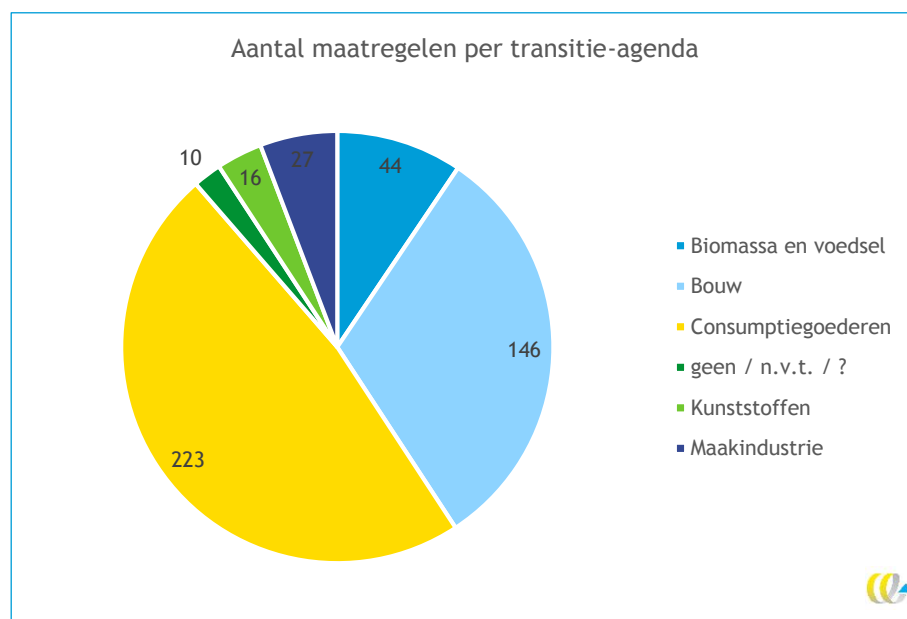
Figuur 9 - Aantal maatregelen per R-stap



Aantal maatregelen per transitieagenda

De meeste maatregelen vallen onder de transitieagenda 'consumptiegoederen' (Figuur 10). De uitkomst wordt echter veroorzaakt door één dominante studie (Clasp, 2017) die wel 155 maatregelen bevat. Opvallend is dat er ook veel innovatieve circulaire initiatieven zijn op het gebied van consumptiegoederen, zoals blijkt uit een analyse van PBL. Hieronder vallen bijvoorbeeld repair cafés en product-als-dienstconcepten zoals Swapfiets. In de categorie recycling gaat het om het toepassen van reststromen in nieuwe producten, zoals biobased meubels, mode en Lego.

Figuur 10 - Maatregelen per transitieagenda



6 Casestudie

Een voorbeeld van een rapport waarin zowel kosten als effecten (klimaatwinst) van circulaire maatregelen is opgenomen is het recente onderzoek naar biobased en circulaire maatregelen voor de SDE++ (CE Delft, 2019). In deze studie zijn voor een aantal maatregelen in de industrie de kosten bepaald van onder andere EPS-recycling (piepschuim) en chemische recyclingopties van PET-materiaal via depolymerisatie (depolymerisatie is een vorm van chemische recycling waarbij PET-afval wordt omgezet naar een grondstof voor nieuwe PET-producten). De resultaten en achterliggende aannames bij de berekening zijn weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4 - Berekening kosteneffectiviteit PET-depolymerisatie (chemische recycling) en EPS-recycling

	PET-depolymerisatie	EPS-recycling
Kosten		
Kostprijs per ton gerecycled materiaal (€/ton)	590-820	1.150-2.250
Marktprijs virgin product, €/ton)	520-1.500	1.400-1.900
Extra kosten voor recycling (netto kosten, €/ton)	(-910) tot +300	(-750) tot 850
Effecten		
CO ₂ -reductie Nederlands grondgebied (kg CO ₂ per kg product)	-1,3 tot 2,5	-0,8 tot 3
CO ₂ -reductie wereldwijd (keten, kg CO ₂ per kg product)	2,5	3
Kosteneffectiviteit wereldwijd (euro per ton)	(-360) tot + 120	-250 tot + 290
Achterliggende aannames		
Investeringskosten (€ mln)	19	10 - 12
Overige variabele kosten (€ mln/jaar)	9-13	1-4
Jaarlijkse productie (Kton)	20	3
Levensduur (jaar)	20	7
Inflatie	2%	2%
Discontovoet nominaal (%)	6,60%	6,60%
Prijspeil	2019	2019

Bron: (CE Delft, 2019).

De tabel laat zien dat de kosten nog een relatief grote bandbreedte kennen. In het meest gunstige geval zijn de maatregelen rendabel (negatieve kosten), terwijl er ook sprake kan zijn van een behoorlijke onrendabele top (positieve kosten). In een consultatieproces met de industrie kunnen de bandbreedtes en onzekerheden verder worden verkleind. Dit zal naar verwachting later in 2020 gaan gebeuren als de technieken worden opgenomen in de SDE++subsidierегeling.

De tabel laat ook zien dat er behoorlijk wat uitgangspunten ten grondslag liggen aan de berekening van de kosteneffectiviteit. Voor een transparante vergelijking dienen het liefst zoveel mogelijk onderliggende parameters bekend te zijn om maatregelen uit verschillende studies in een kostencurve te presenteren. Het gaat hierbij niet alleen om de uitgangspunten (zijn de kosten berekend vanuit een maatschappelijk, overheids- of eindgebruikersperspectief), maar ook om het prijspeil dat is gehanteerd in de studie, investeringskosten, variabele kosten, welke discontovoet is gehanteerd, of er rekening is gehouden met inflatie, welke levensduur is gehanteerd. Als dit soort achterliggende aannames niet bekend zijn, is er een grote kans dat appels met peren worden vergeleken als meerdere studies worden gecombineerd. Wij hebben daarom in de database de achterliggende aannames en uitgangspunten per studie (indien bekend) zoveel mogelijk weergegeven.

7 Workshop

In het kader van deze studie is ook een workshop georganiseerd met vertegenwoordigers van de overheid, industrie, kennisinstellingen/ingenieursbureaus en wetenschap. Het doel van de workshop was om te kijken voor welke maatregelen informatie is gewenst en welke maatregelen belangrijk zijn voor de realisatie van de circulaire doelen. Per transitieagenda (Kunststoffen, Voedsel & Biomassa, Maakindustrie, Bouw en Consumptiegoederen) is in een brainstormsessie geïnventariseerd wat belangrijke maatregelen zijn per transitieagenda.

De resultaten zijn in Tabel 5 weergegeven. Per transitieagenda hebben de deskundigen aangegeven wat volgens hen de belangrijkste circulaire maatregelen zijn die in de database opgenomen zouden moeten zijn. Belangrijke maatregelen voor consumptiegoederen zijn onder andere delen van producten, levensduurverlenging (bijv. circulaire ambachtscentra, tweedehandswinkels), en circulair ontwerpen (repareerbaarheid, modulair ontwerpen, monostromen). Bij kunststoffen gaat het om intensiever gebruiken van plastics, recyclen en maatregelen als het inzetten van bioplastics. Binnen biomassa en voedsel gaat het onder andere om maatregelen zoals minder eiwitten eten, aanleg van meer bos, houtskelbouw en cascadering van biomassa. In de bouw en maakindustrie zijn de maatregelen gericht op intensiever gebruiken, recycling en levensduurverlenging.

Tabel 5 - Resultaten

Transitieagenda	Categorie	Belangrijke maatregelen
Consumptiegoederen	Intensiever gebruiken	Delen van producten (o.a. auto's, wasmachine en drogers, bouwproducten)
	Levensduurverlenging	Ambachtscentra/repair shops
		Product as a service
		Downgrading
		Tweedehandswinkel
	Recycling	Inzamelinfrastructuur verbeteren (retourcentra)
		Beter scheiden huishoudelijk afval
		Optimaliseren materiaalkeuze (bijv. biobased)
	Ontwerpen	Modulair
		Repareerbaarheid
		Monostromen

Transitieagenda	Categorie	Belangrijke maatregelen
Kunststoffen	Intensiever gebruiken	Meermalig gebruik als product
		Minder plastic gebruiken (balans met recyclebaarheid)
	Recycling	Materiaalrecycling (mechanisch en chemisch)
		Refurbishment/recycling van productonderdelen (bouw, automotive)
		Design for recycling
	Divers	Minder soorten kunststoffen en minder additieven
		Kunstgras evt. van PLA bioplastic om uitspoelen naar milieu te voorkomen
		Bioplastics inzetten waar nuttig
Biomassa en voedsel	Algemeen	Minder eiwit eten
		Dieet (minder vlees, meer vezels en groente)
		Aanleg meer bos
		Kringlooplandbouw
		Cascadering biomassa, energie op basis van afvalhout
		Eiwittransitie (productie, consumptie). Correlatie N verlies eiwitefficiency
		Biochemie naast biofuels en bio-energie
		Houtskeletbouw i.p.v. beton
		CLT in de bouw (let op brandgevaar) i.p.v. beton
		Vezelhiërarchie
Bouw	Intensiever gebruiken	Minder mobiliteit
		Meer ov en fiets
		Rolweerstand verminderen asfalt
		Aanleggen bossages en geluidsschermen (minder zijwind, 10% minder brandstofgebruik)
		Multifunctioneel ruimtegebruik (zonnepanelen op geluidsscherm)
	Recycling	Hoogwaardige staalrecycling
		Hoogwaardige aluminiumrecycling
		Gebouwen vervangen door hout
		Toplaag naar toplaag asfaltvervanging
		Hergebruik straatklinkers
		Minder legeringen staal/hoogwaardige recycling legeringen
	Levensduurverlenging	Alternatieve brandstoffen voor grondverzet
		Adaptief bouwen
		Modulair bouwen
		Losmaakbaarheid
Maakindustrie	Recycling	Gebruik monomaterialen (design for recycling)
		Levenscyclus product optimaliseren
		Chemisch recyclen
		Raffinage recycling (plastics, metalen)
		Beter sorteren
		CCS
	Levensduurverlenging	Modulair produceren
		Standaardisering (voorwaarde functionaliteit)

De tabel laat zien dat tijdens de workshop veel interessante maatregelen zijn beschreven. Deze verschillen in mate van detailniveau. De tabel bevat zeer specifieke maatregelen zoals het verminderen van de rolweerstand van asfalt, hergebruik van straatklinkers en de aanleg

van bossages en geluidsschermen langs wegen (transitieagenda bouw). Andere maatregelen zijn meer algemeen zoals adaptief bouwen (bouw), ontwerp voor recycling (maakindustrie, consumptiegoederen, kunststoffen), en eiwittransitie (biomassa en voedsel).

Als we de geïnventariseerde maatregelen in de workshop vergelijken met de maatregelen in de database, dan valt op dat van bijna alle maatregelen in bovengenoemde tabellen voorbeelden in de database staan. Een enkele specifieke maatregel mist, zoals kunstgras van PLA bioplastic en hergebruik straatklinkers. Dit wil echter niet zeggen dat de database daarmee compleet is. Veel van de geïnventariseerde maatregelen in de workshop kunnen immers voor meerdere producten of industrieën gelden. Zo is in de database wel informatie opgenomen over ontwerpen op repareerbaarheid bij toepassing van cement in de bouw en repareerbaarheid van meubilair, maar is er nog geen informatie bekend over kosten en effecten van de repareerbaarheid van overige productgroepen. Daarbij zijn in potentie zeer veel circulaire maatregelen in de economie mogelijk die uitgelokt kunnen worden door beleidsmaatregelen, waardoor het wellicht nooit mogelijk is om ooit helemaal compleet te worden. Veel is immers afhankelijk van innovaties en ideeën die uit de markt komen. Ook bevatten veel maatregelen in database niet alle info. Zo ontbreekt kosteninformatie heel vaak.

De beste manier om aanvullende informatie te verzamelen is in onze ogen door concreet kostencurves uit te werken voor specifieke productgroepen met een hoge milieu-impact. Hoe specifieker wordt ingezoomd op productgroepen en sectoren, hoe beter het mogelijk wordt om zo compleet mogelijk te worden. Elektronica, meubels, textiel en auto's zouden bijvoorbeeld interessante cases kunnen zijn om mee te starten, omdat deze producten een relatief hoge milieu-impact hebben⁶ (zie Tabel 1), goed zijn af te bakenen en er voor elektronica relatief veel maatregelen van zijn opgenomen in de database.

8 Conclusie

CE Delft heeft een database ontwikkeld met de kosten en effecten van circulaire maatregelen. Dit is een eerste stap richting de ontwikkeling van circulaire modellen om kosten en effecten van beleidsmaatregelen door te rekenen. Er is gekeken welke informatie over kosten en effecten op dit moment al bekend is en welk aanvullend onderzoek noodzakelijk is om een compleet beeld te krijgen.

De studie laat zien dat relatief veel informatie bekend is over CO₂-reductie, maar dat met name kosteninformatie vaak ontbreekt. Dit betekent niet dat deze informatie niet aanwezig is, maar dat deze nog niet in studies is opgenomen. Kosteninformatie kan bijvoorbeeld aanwezig zijn bij assetmanagers binnen de overheid (wat zijn de kosten van recycling versus vervangen) en bij banken. Door deze kosteninformatie te ontsluiten en te koppelen aan milieuanalyses, kan een verdere stap worden gemaakt. We nodige partijen dan ook uit om de database aan te vullen als nieuwere studies beschikbaar komen. Productgroepen als auto's, meubels, textiel en elektronica zouden zich hier bijvoorbeeld voor kunnen lenen.

⁶ Meubels bevatten vrij veel materiaal, elektronica bevat schaarse materialen en textiel wordt nog vrij weinig gerecycled terwijl de milieu-impact hoog is.

9 Bibliografie

- CBS, 2019. *Materiaalstromen in Nederland Materiaalmonitor 2014-2016, gereviseerde cijfers*, Den Haag: CBS.
- CE Delft, 2014a. *Benchmark Biodiversiteit. De impact op biodiversiteit van Nederlandse sectoren en bedrijven*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2014b. *Duurzaam inkopen in Den Haag : Prioriteitstelling en aanbevelingen voor de praktijk*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2016. *Update prioritering handelingsperspectieven verduurzaming betonketen 2016*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2018. *Top tien milieubelasting van de gemiddelde consument*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2019. *Circulaire en biobased opties in de SDE++ Bepaling onrendabele top en CO2-reductie*, Delft: CE Delft.
- Clasp, 2017. Circular economy principles - quantifying the additional greenhouse gas savings potential of products covered under ecodesign. In: *ECEEE summer study proceedings : consumption, efficiency & limits*. sl:ECEEE, pp. 1661-1670.
- EC, JRC, 2006. *Environmental Impact of Products (EIPRO) Analysis of the life cycle environmental impacts related to the final consumption of the EU-25 Main report*, Sevilla: European Communities (EC).
- EEA, 2013. *Environmental pressures from European consumption and production. EEA Technical Report No 2/2013*, Copenhagen: European Environment Agency (EEA).
- ETC, 2019. *Textiles and the environment in a circular economy*, Copenhagen: European Environment Agency (EEA), European Topic Centre on Waste and Materials in a Green Economy (ETC/WMGEE).
- Navigant, 2019. *Verkenning uitbreiding SDE+ met industriële opties : Inschatting van subsidie-intensiteit van geselecteerde technologieën en evaluatie van knelpunten*, sl: Navigant Consulting Inc.
- PBL, 2019. *Circulaire Economie in Kaart*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
- PBL, 2019. *Circulaire Economie in Kaart*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
- PBL, sd *Circulaire Economie*. [Online]
Available at: <https://www.pbl.nl/onderwerpen/circulaire-economie>
[Geopend 8 Oktober 2019].
- ShareNL, 2015. *Milieu-impact en- kansen deeleconomie*, Amsterdam: ShareNL.
- VITO, 2012. *Milieu-impact van productie- en consumptieactiviteiten in Vlaanderen*, Mechelen: Vlaamse Milieumaatschappij Milieurapportering (MIRA).



A Begeleidende bijlage - Database circulaire Maatregelen

A.1 Opgenomen kolommen

In Tabel 6 zijn de opgenomen kolommen in de database omschreven met, indien van meerwaarde, een korte omschrijving.

Tabel 6 - Overzicht op te nemen kolommen

Kolom	Omschrijving	Categorie
#	Volgnummer	Algemeen
Categorie	Keuze uit lijst	Algemeen
Naam maatregel	Naam van de maatregel zoals in de studie genoemd	Algemeen
Omschrijving	Korte omschrijving	Algemeen
Materiaalbesparing	Dit gaat om het 'doelmateriaal', bijv. cementbesparing, ondanks dat dit leidt tot meer gebruik van grind	Algemeen
Type maatregel	Hoofdmaatregel of maatregel	Algemeen
Land	Geografische scope	Algemeen
Groep	Type productgroep of industrie	Algemeen
Transitieagenda	Keuze uit biomassa & voedsel; bouw; consumptiegoederen; kunststoffen; maakindustrie; geen, n.v.t.	Algemeen
R-ladder	Keuze uit R0-R9-ladder van PBL	Algemeen
CO ₂ -reductiepotentieel	Totaal jaarpotentieel maatregel vanuit ketenperspectief	CO ₂
W.v. in NL	Aandeel reductiepotentieel in Nederland	CO ₂
Periode	Periode waarop potentieel betrekking heeft, of jaar	CO ₂
CO ₂ -reductie/eenheid	CO ₂ -reductie per eenheid product	CO ₂
Kosten €/ton CO ₂ -reductie		CO ₂ - kosten
Kosten €/eenheid		Kosten
Perspectief	Bedrijf/overheid/eindgebruiker	Kosten
Hoeveelheid materiaalbesparing	Hoeveelheid materiaalbesparing	Algemeen
TRL	Marktrijpheid van het product (1-9)	Algemeen
Innovatiepotentieel	Mogelijkheden voor opschaling, kostenverlagingen	Algemeen
Bron	Studie waarin maatregel is opgenomen	Algemeen
Type auteur	Type auteur (bijvoorbeeld onderzoeksinstituut)	Algemeen
Type opdrachtgever	Type opdrachtgever (bijvoorbeeld overheid)	Algemeen
Prijspeil	Prijspeil van kosten	Kosten
Discontovoet	Discontovoet (rendement, %)	Kosten
Type discontovoet	Wel of niet gecorrigeerd voor inflatie (reëel, nominaal)	Kosten
Investeringskosten		Kosten
O&M-kosten		Kosten
Besparingen	Kostenbesparingen ten opzichte van referentie	Kosten
Referentie	Wat is de referentie	CO ₂ - kosten
Type kosten	Bijv. meerkosten	Kosten
Scope CO ₂ -bepaling	Keten of directe uitstoot	CO ₂
Levensduur	Levensduur maatregel	Indicatoren
Land	Ja, indien landgebruik door maatregel afneemt	Indicatoren
Water	Ja, indien watergebruik door maatregel afneemt	Indicatoren
Grondstoffen	Ja, indien maatregel leidt tot grondstoffenbesparing	Indicatoren
CO ₂	Ja, indien maatregel leidt tot CO ₂ -reductie	Indicatoren

Kolom	Omschrijving	Categorie
Luchtkwaliteit	Ja, indien maatregel leidt tot verbetering luchtkwaliteit	Indicatoren
Toxiciteit	Ja, indien maatregel leidt tot lagere toxiciteit	Indicatoren
Kritikaliteit	Ja, indien maatregel leidt tot besparing kritische grondstoffen uit lijst EU	Indicatoren
Energiegebruik	Energiebesparing	Indicatoren

A.2 Factsheet voorbeeldmaatregel uit database

Circulaire betonsector: korrelpakking

Korte omschrijving maatregel
Door het optimaliseren van de pakking van alle korrels in beton wordt het aandeel van het bindmiddel cement gereduceerd. Omdat cementproductie een relatief hoge CO ₂ -uitstoot kent, vermindert hiermee ook de CO ₂ -uitstoot van betonproductie. De maatregel wordt afgezet tegen het gebruik van regulier beton.
Kosten van de maatregel
De kosten van de maatregel bedragen 6,4 tot 42,8 miljoen euro per jaar. Hiernaast wordt 13,4 tot 37,7 miljoen euro aan cement bespaard. Dit leidt tot nettokosten van 4,3 tot 11,2 miljoen euro.
Effecten of verwachte effecten
Het totale reductiepotentieel van de maatregel is 88 tot 263 kton CO ₂ /jaar in Nederland, op basis van de betonvraag in 2010. Het grootste potentieel ligt bij de niet-constructieve betonproducten in de GWW-sector.
Kosteneffectiviteit
Per ton CO ₂ -reductie bedragen de kosten -49 tot 43 euro.
Potentie maatregel
De maatregel kent een TRL-niveau van 4-9. Het wordt al in de praktijk toegepast, maar meestal niet met het oog op CO ₂ -reductie. Over het innovatiepotentieel staat niets vermeld
Effecten op indicatoren geïdentificeerd in studie
Land ? Water ? Grondstoffen ✓ CO ₂ ✓ Luchtkwaliteit ? Toxiciteit ? Kritikaliteit ? <i>? niet genoemd in de studie ✓ positief effect X negatief effect</i>
Bron maatregel
Deze maatregel is opgenomen in de studie 'Update prioritering handelingsperspectieven verduurzaming betonketen' van CE Delft, (CE Delft, 2016)
Transitieagenda & R-ladder
